©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Sande und Gesteine aus der Südlichen Lut und Persisch-Belutschistan

Von A. M. Sedlacek

Miner.-petrographisches Institut der Universität Wien

Mit 7 Textabbildungen und 1 Tafel

(Vorgelegt in der Sitzung am 27. Oktober 1955)

Einleitung.

Die Grundlage für die folgenden Untersuchungen bilden Sand- und Gesteinsproben, die der österreichische Forschungsreisende Dr. A. Gabriel auf seiner 3. Expedition in die persischen Wüsten im Jahre 1937 aufgesammelt hatte. Wo nichts anderes vermerkt, handelt es sich stets um anstehendes Gestein. Obwohl die Zeit der Handstückpetrographie längst vorüber ist und wir heute gewohnt sind, die Gesteine in ihrem geologischen Verbande zu studieren, bilden Aufsammlungen von Gesteinsproben durch Forschungsreisende die erste Grundlage für eine Geologie unbekannter Landstriche. Für den Petrographen ergeben sich bereits aus dem Mineralbestand und Chemismus eines Gesteinshandstückes wertvolle Hinweise auf die Petrogenesis. Erfahrungen, die bei der Bearbeitung des Gesteinsmaterials von der 2. Forschungsreise im Jahre 1933 gemacht worden waren, konnten mitverwertet werden.

Die Reiseroute.

Das Ziel der 3. Reise A. Gabriels im Jahre 1937 war die Erforschung der Südlichen Lut, der größten Fläche noch unbekannten Landes in Persien. Ferner sollten Teile des südpersischen Hochlandes erkundet werden.

Die Südliche Lut oder das Becken von Shadadd, ein Gebiet von der Größe Belgiens, ist der tiefstgelegene und heißeste Teil des persischen Wüstengürtels. Hier erstreckt sich, unwegsam und wasserlos, eine der mächtigsten, geschlossenen Sandanhäufungen der Erde. Keinem Europäer vor Gabriel war es gelungen, in das Innere des Beckens von Shadadd vorzudringen.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Der Ausgangspunkt der Forschungsreise war der Ort Faredj, östlich Bam. Zunächst querte Gabriel die Zanghi-Ahmad-Wüste in Richtung Nasratabad. Stellenweise kam die Unterlage der mächtigen Strich- und Sicheldünen, steinüberstreute (Basalt, Uralitdiabas [Nr. 1], Porphyrit, Jaspis) Tennen zum Vorschein. Vor Nasratabad wurde der Pah Kuh, ein weit hinauf von Sand überwehter Bergklotz aus Kalksandstein (Nr. 2) überschritten. Von Nasratabad aus zog die Karawane entlang des Ostrandes der Lut, streckenweise durch Bergland aus Konglomeraten, grauen Kalken und Tonschiefern, nordwärts. Bei Čah Shand steht Saussuritgabbro (Nr. 3) und Kalksandstein (Nr. 4) an. An den riesigen Dünen der Ostsande konnte Gabriel Höhen von über 200 m (Sahara 150 m) messen. Schließlich wird Čah Rui, eine Quelle am Fuße eines Granitstockes, erreicht. Westlich davon erhebt sich eine freistehende Kuppe aus Augitporphyrit. Die Höhen um Gerr-e-Safid sind aus graphitführenden Serizitquarziten (Nr. 5) aufgebaut, die von hellen Quarzgängen durchtrümmert werden. Den beschwerlichsten Teil der Reise bildete die nun folgende erstmalige Durchquerung der Südlichen Lut vom 21. bis 26. März. Zunächst geht es an einzelnen Inselbergen aus Basalten (Nr. 6), Uralitporphyriten (Nr. 8) und grauen Marmoren (Nr. 6 a) vorbei, die als Härtlinge aus den mit Grobsand und Grand bedeckten Tonboden ragen. Das bunte Steinpflaster der Sandtennen ist mit Jaspis und Epidosit (Nr. 7) überstreut. Eine im Wüstenklima zerstörte Berggruppe aus Syenit (Nr. 9) wird passiert. Immer tiefer geht es hinab in das Becken der Südlut. In der Ferne erscheinen schließlich, einer gleichhohen Mauer ähnlich, NNW—SSO streichende feinsandig-tonige Sedimente, die der Wind in abenteuerliche Formen zerlegt hat. Es ist die Kalut oder Shahr-Lut (Lutstädte), die sich auf etwa 100 km Länge und 45 km Breite erstreckt. Bis 100 m breite „Boulevards" sind in die Sedimente eingeschnitten. Eine Schichtung wird durch Rillen von Schlammströmen verwischt, welche episodische Regen erzeugen. Neben der Salzwüste (Kawir) und dem Sandmeer bildet die Kalut einen besonderen Typus der Wüstenlandschaft. Nur mit größter Mühe fand die Karawane einen Ausweg aus dem Labyrinth der Lutstädte und erreichte das Dorf Keshit am Westrande des Beckens von Shadadd. Aus der Kalut stammt eine Sedimentprobe und eine Gipskonkretion (Nr. 10).

Von Keshit aus quert Gabriel die Zanghi-Ahmad-Wüste ein zweites Mal und gelangt über die Shurshakiquelle, wo NW—SO-streichende steilgestellte Schichten aus Kalksandstein (Nr. 11) anstehen, nach Nasratabad. Mit einer neu zusammengestellten Karawane zieht Gabriel Ende April durch das Gebiet Nermashir in

das wilde, schwer zugängliche Bergland von Hudyan. Vor und hinter Čah Kambar stehen Basalte (Nr. 12, 13) an. Eine Paßhöhe zwischen Wänden aus Pyroxenandesit (Nr. 14) wird überschritten. Das Trockenbett des Rudkaneh Giran Rig ist in steil abstürzende Wände aus Basalt und Porphyrit (Nr. 15) eingeschnitten. Bei Sar Naran gibt es Dazite und Andesite (Nr. 16). Der Ort Deh Zigh liegt am Fuße eines schalig verwitternden Augit-Hypersthen-Andesit-Stockes (Nr. 17). In der kleinen Oase Deh Hur zwischen Deh Zigh und Hudyan wird Rhyolith (Nr. 18) anstehend gefunden. Im Westen des Ortes Hudyan erhebt sich der Basaltfels des Ghuk-e-Shamal. Im Bur Kuh, einem gewaltigen Felsklotz aus Rhyolith (Nr. 20), mit tiefen Schluchten und steilen Wänden, erreicht das Bergland von Hudyan seine höchste Höhe von 2000 m. Die Gesteinsaufbereitung ist in dieser Gebirgswüstenlandschaft besonders stark. Grober Schutt und Blöcke, oft von Schutzrinden überzogen, bedecken den Boden. Das feinste Material wird durch den Wind ausgeblasen. In der Siedlung Surkh, zwischen Hudyan und Gwar, ist in 889 m Höhe ein Heiligengrab in einem Rhyolithfels (Nr. 21) eingeschlossen. Gwar liegt am Fuß eines Kalkhügels (Nr. 23). Von Hudyan ziehen die Reisenden über Darreh Ahu nach Darreh Kishkin, wo grobkörniger Granit pfeilerförmige Erosionsformen bildet. Im Tal des Rudkaneh Girr werden eingeebnete Hügel aus Hornblendegranit (Nr. 24, 25) sichtbar. Gabriel und seine Begleiter gelangen nun offenbar in den Kontakthof des Granites. Eine Probe von Chiastolithschiefer (Nr. 26) scheint darauf hinzuweisen. Vor Rud ändert sich die Landschaft. Bergklötze aus rosa gefärbten dazitoiden Andesiten (Nr. 27) ragen aus der Einebnungsfläche. Das Dorf Bazman, am Fuß des gleichnamigen Vulkans, wird erreicht. Der Bazman oder Kuh-i-Zindeh (3488 m) ist der entlegenste von den drei großen Vulkanen Südpersiens. seit seiner Entdeckung und Erstbesteigung durch Sir Percy Sykes und Brazier Creagh im Jahre 1896 hatte ihn kein Europäer mehr besucht. Nach 40 Jahren unternimmt Gabriel mit seinen Begleitern eine Tour auf seinen Gipfel. Durch die Klamm Almab geht es zwischen senkrechten Kalkwänden (Nr. 28) aufwärts, bis die mauerartigen Abbrüche eines dazitoiden Andesites (Nr. 29) erscheinen, und dann weiter durch Brekzienschichten bis zum 2034 m hoch gelegenen Heiligtum Ziarat, das von Zinken und Schroffen aus Dazit und dazitoidem Andesit (Nr. 30, 31, 32) umgeben wird. Vom Ziarat führt eine sechsstündige Wanderung zum Bazmangipfel, der sich am Rand eines verschütteten Kraters erhebt. Das Gipfelgestein ist Dazit (Nr. 33, 34). Ende März wird die Reise in Richtung Pensareh fortgesetzt, wo ebenfalls dazitoide Andesite

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

(Nr. 35) anstehen. Von Shurab geht es weiter durch Sandsteinschichten (Nr. 36), die steil nach Osten oder Norden einfallen, nach Tačab. Von hier führt der Weg durch Phyllitschichten nach Koč und Nukabad, welches am Fuße des nadelförmigen Kalkfelsens (Nr. 37) Kwadj Suleiman gelegen ist. Schließlich gelangen die Reisenden in das „kühle Land", in das Sarhad. Von Asklabad aus werden Ausflüge in die unerforschten Hochtäler des Taftan unternommen. Die steilen Wände des Talschlusses des Naran-Trockenbettes bilden Andesite (Nr. 38). Auch die Felsen in der Umgebung von Senib, in 2234 m Höhe, bestehen aus Andesiten (Nr. 39) und deren Tuffen. Über einen steilen Paß wird das in Dazit (Nr. 40, 41) eingeschnittene Bidistirtal erreicht. wo Schlackenhaufen am Fuße des Kuh-e-Gandj, des Schatzberges, auf einen primitiven alten Bleibergbau weisen. Über eine Wasserscheide gelangen die Reisenden in das Sheik-Ahmad-Tal, dessen Flanken steile Dazitfelsen (Nr. 42) mit Nadeln und Türmen bilden. Aus dem Bergland des Taftan führt der Weg ins Sendjiriktal. Vom Süden her wird der 3047 m hohe Dazitgipfel (Nr. 43) des Kuh-e-Garok bestiegen. Nach einem Besuch des Narabtales gelangen die Reiseteilnehmer nach Zahedan. Mitte Juli reist Gabriel weiter nach Afghanistan. Infolge eines Aufstandes unter den Eingeborenenstämmen mußte die Expedition vorzeitig abgebrochen werden (11, Abb. 1—3).

Neuere geologische Literatur über Persien.

Es ist verständlich, daß gerade über jene Gebiete, die Gabriel bereist hat, geologisch nur wenig bekannt ist, obwohl die Geologen der indischen Geological Survey und der südpersischen Erdölgesellschaften auf ihren Erkundungstouren manchmal weit nach Norden vorgestoßen sind. Eine kurze Übersicht über die geologische Literatur bis 1939 findet sich in der Arbeit des Verfassers (29). In diesem Jahre veröffentlichte der amerikanische Erdölgeologe F. G. Clapp (7) eine zusammenfassende Darstellung der Geologie Persiens mit einer schönen Übersichtskarte, aus der die Lückenhaftigkeit unserer Kenntnisse weiter Gebiete Süd- und Mittelpersiens hervorgeht. Einen wesentlichen Beitrag zur Geologie Persiens verdanken wir den Schweizer Geologen J. W. Schröder (28) E. Diehl (8) und G. Ladame (21), die in den Jahren 1939—1942 im Auftrage der persischen Regierung geologische Untersuchungen im Lande durchführten. Während sich die beiden Letztgenannten hauptsächlich mit den Erzlagerstätten beschäftigten, gab der in der alpinen Geologie erfahrene Schröder eine moderne geologisch-tektonische Gliederung des iranischen Hochlandes. Er unterscheidet von Süden nach Norden folgende Ein-

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

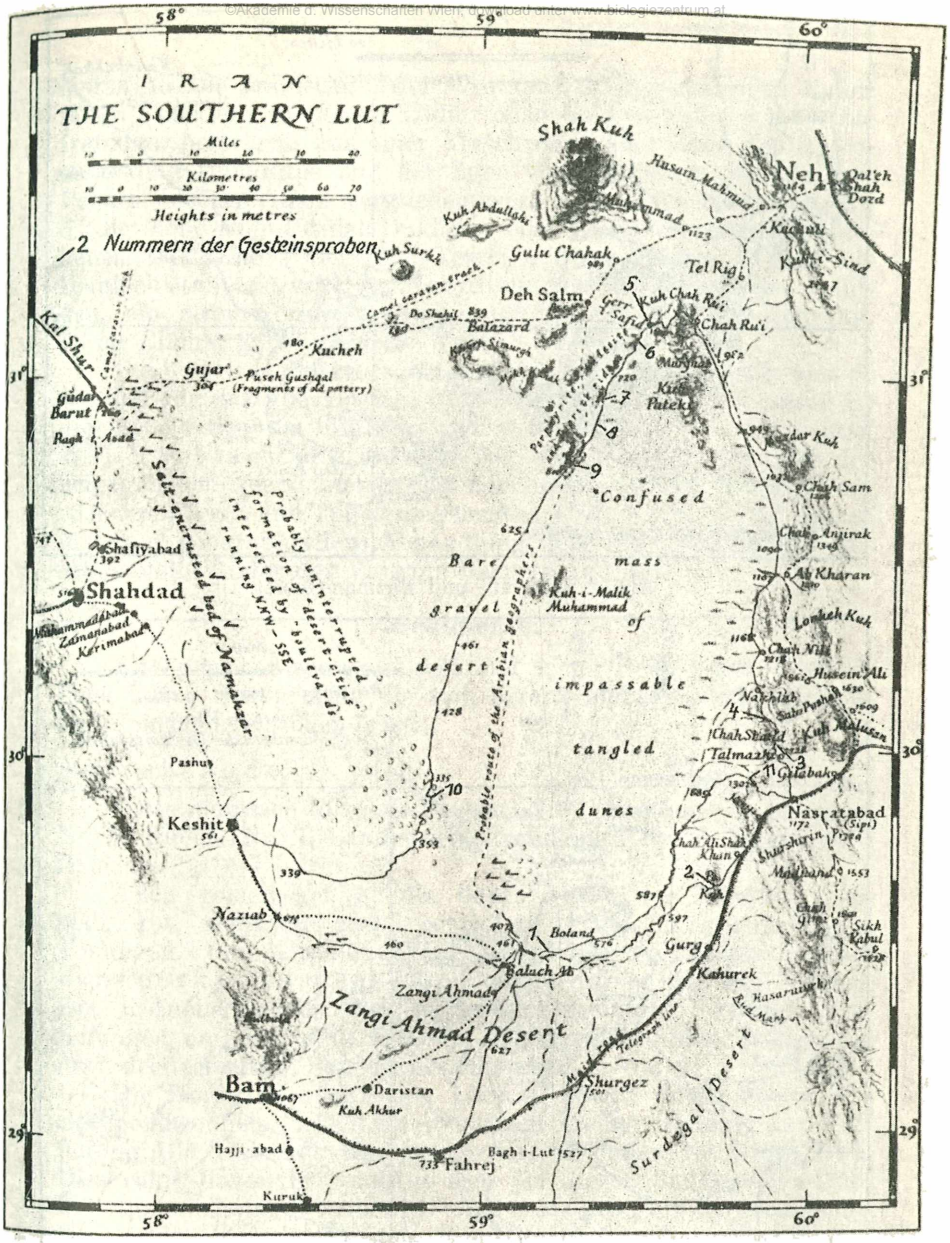

Abb. 1. Südliche Lut.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

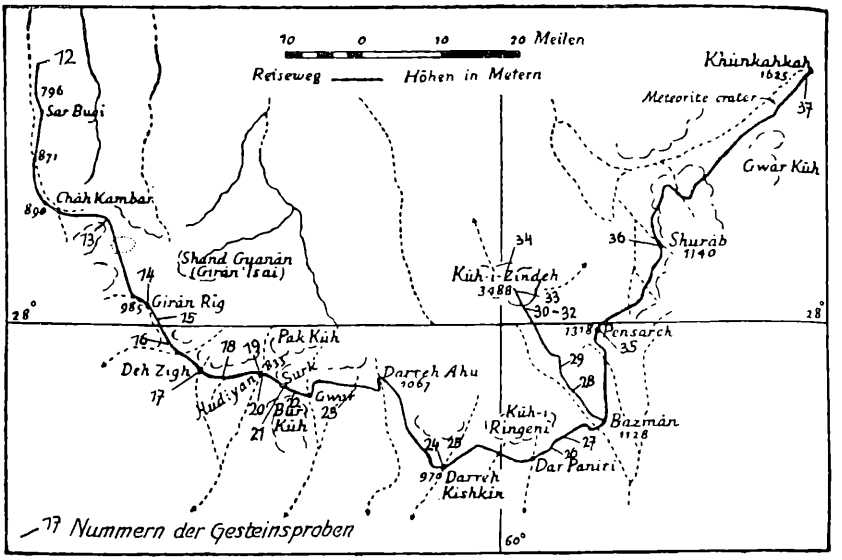

Abb. 2. Hudyān- und Bazmān-Gebiet.

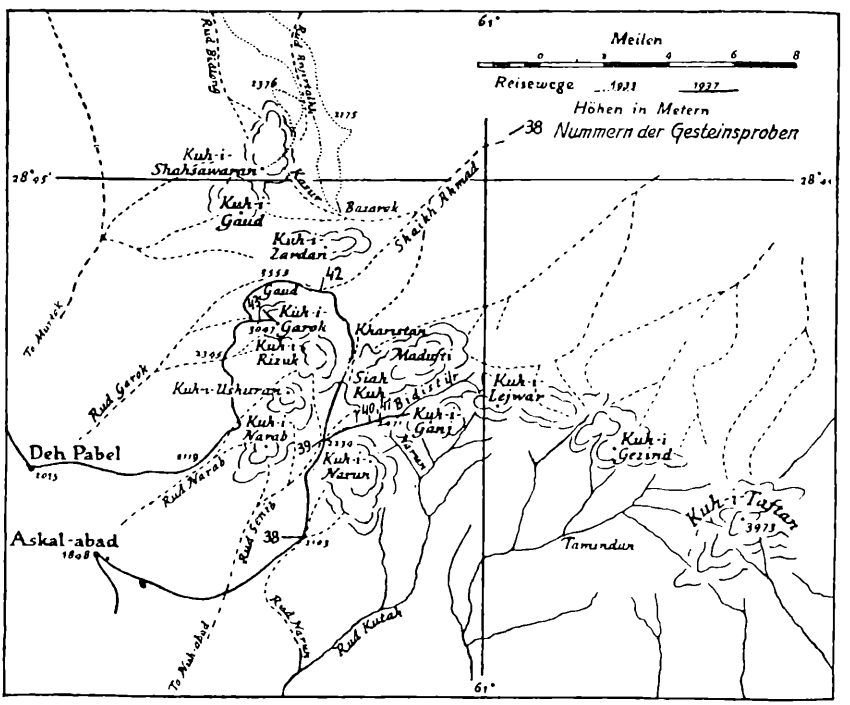

Abb. 3. Nordwestliches Taftān-Gebiet.

heiten: 1. Die arabische Tafel (Vorland), 2. die iranischen Randfalten (Vortiefe, Molasse), 3. die paläozoischen Schuppen, 4. die Iraniden, bestehend aus einer Flyschzone, einer Zone der Radiolarite und Ophiolithe und der Zone von Hamadan, die mit dem Pennin unserer Alpen verglichen werden kann (schistes lustrés), 5. die Zone von Urmiah-Dukhtar, eine Aufbruchszone verschiedener Vulkanite (Oberkreide-Tertiar), die sich von Urmiah bis Belutschistan erstreckt, 6. Zentraliran, das Hinterland der Iraniden, ein alter Kontinentalsockel mit Grundfalten am Südrand, 7. der Elburs, 8. die russische Tafel.

Gabriels Reiseweg verläuft in den Einheiten 5. und 6. Speziell für das von Gabriel bereiste Gebiet von Interesse ist die Arbeit des um die Geologie von Persien sehr verdienten J. V. Harrison (13) über die Jaz-Murian-Depression. Aus der beigegebenen Übersichtskarte ist ersichtlich, daß der Bur Kuh von eozänem Flysch und Tuffen umgeben ist. C. P. Skrine (31) bringt in seiner geographischen Abhandlung über das Taftangebiet eindrucksvolle Bilder der Vulkane Bazman und Taftan.

Sedimente.

A. Gabriel sammelte während seiner Reise durch die Südliche Lut 8 Sandproben, die sich bereits megaskopisch in Grob- und Feinsande einteilen lassen.

A. Grobsande.

Diese umfassen folgende Proben: Nr. 1, Sandmeer I. Lutlager, Nr. 5, Kučeh, Nr. 7, Sandmeer Ostrand, und Nr. 4, Deckensand Baločab.

Allen gemeinsam ist die bunte Farbe der Körner: weiß, gelb, rot, schwarz, grau, rotviolett, grün, in verschiedenen Tönungen. Der Abrollungsgrad entspricht der Klasse 4 nach Szadeczky-Kardoss (35), kleinere Körner sind fast kugelig. Die Kornoberflächen sind mattglänzend infolge feinster Vertiefungen und Schlagmarken, die beim gegenseitigen Zusammenprall der treibenden Sandkörner entstehen.

Die Korngrößenverteilung (Abb. 4) wurde durch nasses Absieben gewonnen. Leider stand nur ein kleiner Siebsatz zur Verfügung. Die Grobsande sind gut sortiert, besonders Nr. 5 und Nr. 7. Dies rührt davon her, daß es sich bei diesen Sanden meist um Deflationsrückstände handelt. Feineres Material als eine bestimmte Korngröße wird durch den Wind fortgeführt. Auch auf den Dünenkämmen sind oft Grobsande angereichert. Nur systematische quantitative Untersuchungen an einer Vielzahl von definiert ent-

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

nommenen Proben könnten vielleicht Aufschlüsse geben über die Gesetzmäßigkeiten des Windtransportes in diesem Gebiete.

Um etwas über die Herkunft der Sande zu erfahren, wurde das Hauptgewicht auf die mineralogische bzw. petrographische Untersuchung gelegt. Dazu dienten Körnerpräparate und Dünnschliffe. Das wichtigste und etwas überraschende Ergebnis war, daß die Hauptmenge der Sandkörner von Ergußgesteinen stammt (Tafel 1, Fig. 1, 2). Die Körner der Grobsande sind überwiegend Gesteinsfragmente, nur in den feineren Kornklassen auch Einzelmineralien. Ergußgesteinsbruchstücke, mit oder ohne Einsprenglinge, von Rhyolithen, Daziten, Andesiten und Basalten herrschen vor. Die quarzführenden Vulkanite zeigen die charakteristischen Dihexaederquarze mit Korrosionsbuchten und -schläuchen, Opazitpseudomorphosen nach Biotit oder Hornblende. Die Grundmassen sind mannigfaltig struiert, holokristallin, fesitisch, vitrophyrisch, sphärolitisch, hyalopilitisch, oft mit prächtigem Fließgefüge. Neben frischen Grundmassen finden sich auch solche mit reichlich Epidot, Chlorit und sekundärem Quarz. Es handelt sich dann meist um die paläovulkanischen Äquivalente der genannten Gesteine. Es fehlen jedoch Hinweise auf Trachyte oder Alkaligesteine. Neben diesen Vulkaniten finden sich Fragmente von Graniten, Quarzdioriten, Dioriten, Sandsteinen, Quarziten, Chalcedoniten, Epidositen, Kieselkalken und Serpentiniten. Calcit- und Dolomitkörner fehlen in keiner Probe. Im Grobsand Nr. 7 waren die grünen Serpentinitkörner, zum Teil mit reichlich Magnetit und Bastit, besonders auffällig.

Die Körner der Einzelmineralien beschränken sich auf Quarz, Plagioklas, Kalifeldspat, monokl. und rhomb. Pyroxen, Hornblende, Epidot, Chlorit, Titanit, Erze, Turmalin (Schörl), Biotit, Olivin, Apatit. Quarz und Feldspat sind in ungefähr gleichen Mengen vorhanden, unter den Mafiten überwiegen die Pyroxene.

Erklärung zu nebenstehender Tafel 1.

Fig. 1. Grobsand Nr. 1, Sandmeer I. Lutlager. Die Sandkörner (Dünnschliff) sind Fragmente saurer Vulkanite mit porphyrischer Struktur. Rechts unten Quarzdihexaeder am Rande eines Kornes. In der Mitte einsprenglingsfreie Grundmassen von Ergußgesteinen. Vergr. 18 ×.

Fig. 2. Feinsand Nr. 6, Südlut (Kučeh). Schwermineralfraktion. Hypersthen: Großer, weckenförmiger Kristall, rechts davon säulige basaltische Hornblende (Oxyhornblende), unten, monokliner Pyroxen und Erz (dunkel). Vergr. 16 ×.

Fig. 3. Biotit-Augit-Dazit Nr. 40, Bidistir. Korrodierter Plagioklas-Xeno-Kristall mit albitreichem Kern (An_{32}) und anorthitreicher Hülle (An_{60}), rechts davon einschlußfreie Plagioklaseinsprenglinge Vergr. 25 ×.

Abb. 4. Dazitoider Hornblende-Hypersthen-Andesit, Ziarat, Bazman. Hyperstheneinsprengling senkrecht α. Am Kristallende und beiderseits eines etwa vertikalen Sprunges (rechts) ist der Hypersthen durch Hitzewirkung optisch einachsig geworden (dunkle isotrope Zone). In der äußersten Hülle (heller Saum) öffnen sich die optischen Achsen senkrecht zur Hauptzone. Nikols gekreuzt. Vergr. 45 ×.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

A. M. Sedlacek: Sande und Gesteine aus der Südlichen Lut.

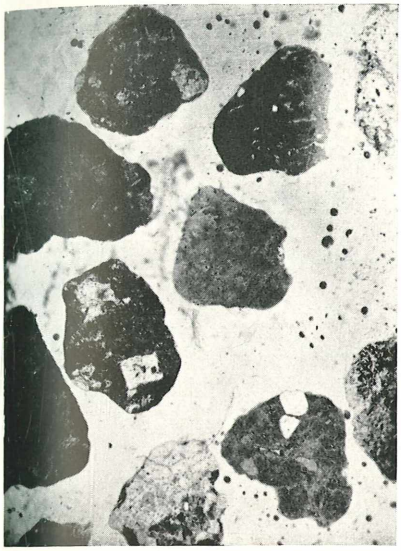

Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

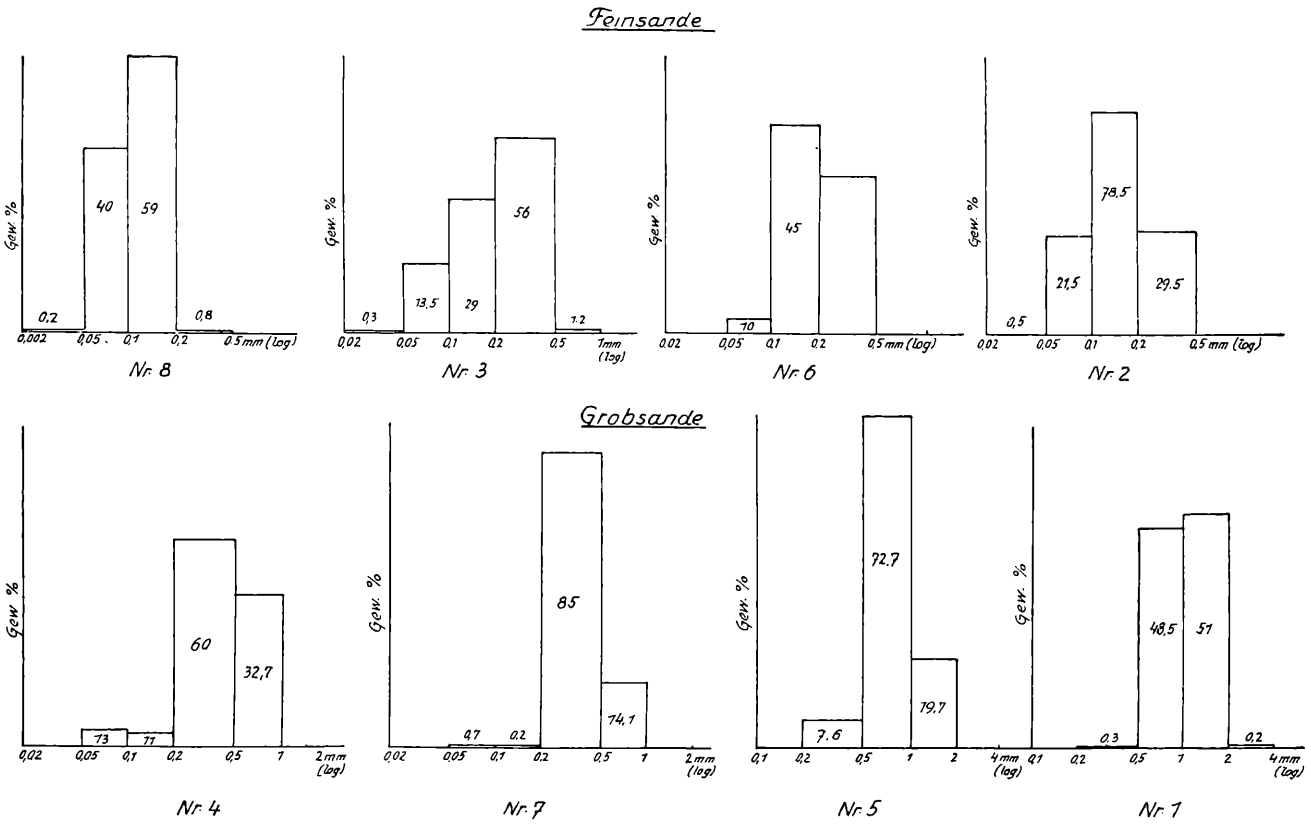

Abb. 4.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

B. Feinsande.

Zu den Feinsanden zählen die Proben Nr. 2, Sandmeer Westrand, I. Lutlager, Nr. 6, Kučch, Nr. 3, Baločab, Nr. 8, Sandmeer Ostrand.

Wie aus dem Kornverteilungsdiagramm hervorgeht, ist die Sortierung der Feinsande, mit Ausnahme von Nr. 8, schlechter als jene der Grobsande. Feinsande liegen meist in den Tälern zwischen den Dünenkämmen und können so leicht mit abrollenden, gröberen Sandkörnern vermengt werden.

Auch die Feinsandproben zeigen eine Reihe gemeinsamer mineralogischer Merkmale, über die einige Bemerkungen vorausgeschickt werden sollen. Zum Unterschied von den Grobsanden liegen die Körner vorwiegend als Einzelmineralien vor, trotzdem sind auch hier Grundmassenfragmente von Vulkaniten ziemlich häufig.

Quarz. Weiß, gelblich, rötlich, meist undurchsichtig mit matter Oberfläche, gut gerundet bis kugelig, selten kantengerundete Splitter. Viele Quarzkörner erweisen ihre Herkunft von Ergußgesteinen durch anhaftende Grundmasse oder Grundmasse- und Glaseinschlüsse. Quarze mit Rutil und reichlichen Flüssigkeitseinschlüssen mögen von granitischen Gesteinen oder deren Metamorphiten abzuleiten sein. Manche Quarzkornaggregate mit etwas Bindemittel zwischen den Körnern deuten auf sedimentäre Ausgangsgesteine, Chalcedonite und Hornsteinkörnchen kommen ab und zu vor.

Feldspate. Der herrschende Feldspat in allen Sanden ist Plagioklas. Seine Menge (30—40 Vol.%) übertrifft diejenige der Quarzeinzelkörner (5—15 Vol.%). Infolge seiner guten Spaltbarkeit ist sein Abrollungsgrad geringer als beim Quarz. Die Begrenzung erfolgt oft durch Spaltflächen. Daneben kommen auch kugelige Körner vor. Farbe: Weiß, grau. Der scharfe Zonarbau mit zahlreichen Rekurrenzzonen, die Glas- und Grundmasseeinschlüsse sowie die Hochtemperaturoptik lassen keinen Zweifel darüber, daß Ergußgesteinsplagioklase vorliegen. Der Anorthitgehalt schwankt von An_{30} bis An_{70}. Stark zonare, verzwillingte Individuen löschen ab einer gewissen Korngröße zwischen gekreuzten Nikols überhaupt nicht aus (Überlagerungserscheinung). Klar durchsichtige Körner sind häufiger als durch Neubildungen getrübte. Die Kalifeldspate (etwa 2 Vol.%) sind hauptsächlich Sanidin ($2\,V_\alpha = 0^0$—20^0), seltener Orthoklas und feingegitteter Mikroklin.

Mafite (8—17 Vol.%). Unter den dunklen Gemengteilen überwiegt monokliner Pyroxen. Im Pulverpräparat ist er farb-

los bis blaßgrün, etwas nach z gestreckt und gut abgerollt. Nach den optischen Eigenschaften gehört er zu den diopsidischen Augiten ($2\ V_\gamma = 50^0$—60^0). Nur einmal konnte Pigeonit festgestellt werden. Der rhombische Pyroxen ist ein deutlich pleochroitischer Hypersthen. Die Kristalle zeigen den säuligen Habitus wesentlich deutlicher als der monokline Pyroxen. Die Kristallenden sind stark abgerundet. Hornblende tritt in zwei verschiedenen Varietäten auf, entweder als grüne bis grünbraune gemeine Hornblende oder als rutilähnliche, basaltische Hornblende mit kleinem c/γ, wie sie in persischen Andesiten nicht selten ist. Rotbrauner Biotit bildet feine dünne Flitter mit kreisrunden, aber auch lappigen Umrissen. Bisweilen enthält er Sagenitgeflechte. Auffällig ist das starke Zurücktreten des Muskowites. Nur in einer Probe konnten einige Blättchen festgestellt werden.

Unter den Erzmineralien herrscht Titanomagnetit vor. Ebenso wie in den Vulkaniten zeigt er häufig eine beginnende Martitisierung und sogar groblamellaren Hitzemartit als weiteren Beweis für die vulkanische Herkunft der Sande. Ilmenit und Hämatit treten mengenmäßig etwas zurück. Pyrit und Magnetkies sind selten. Apatit bildet kugelig gerundete Körner. Nach White (40) ist er ein charakteristisches Mineral der Wüstensande. Sein ziemlich häufiges Auftreten wird von diesem Autor auf die geringe chemische Abgreifbarkeit unter ariden Bedingungen zurückgeführt. Zirkon ist farblos, gedrungensäulig und idiomorph.

Von selteneren Mineralien sind noch zu erwähnen: Titanit, Epidot, Granat, Schörl, Andalusit, mit seinem auffälligen Pleochroismus, Chlorit, Serpentin und rotbrauner Iddingsit. Die kugeligen Karbonatkörner (5—8 Vol.% Calcit, Dolomit) und die Grundmassefragmente (25—40 Vol.%) frischer und veränderter vulkanischer Gesteine gleichen denen der Grobsande.

Die Farbe der Feinsande ist hellrotbraun (Nr. 2, 3, 8) oder hellgelbgrau (Nr. 6). Der Abrollungsgrad entspricht der Klasse 4 nach Szadecky-Kardoss. Beispiel Sand Nr. 8 (100 Quarzkörner):

Klasse	4a = 62,0%	Klasse	2a = 9,0%
	4b = 6,5%		1b = 7,0%
	3b = 9.5%		1a = 4,0%
	2b = 2,0%		

Von den Kornfraktionen < 0,1 mm wurde der Schwermineralanteil mit Bromoform abgetrennt. Er beträgt in Nr. 2 und 8 6 Gew.%, in Nr. 3 und 6 4 Gew.%. Charakteristisch ist das Überwiegen von Pyroxen und Hornblende im Schwermineralspektrum.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Schwermineralzusammensetzung (Vol.%).

Sand	Nr. 2	Nr. 8	Nr. 6	Nr. 3
Erz	57	62,5	54	71
Mon. Pyroxen	33	29	25	21
Hornblende (grün)	3,5	2	10,6	2
Basalt. Hornblende	2	2	2	1
Hypersthen	1	1	2,5	x
Biotit	0,5	x	x	x
Apatit.	1	x	x	1
Zirkon	0,5	x	x	1
Epidot	0,5	1	3	1
Granat .	x*)	x	0,5	x
Andalusit	x	x	x	—
Serpentin	x	x	x	x
Olivin.....	—	x	—	x
Chlorit	—	x	—	—
Muskowit	—	x	—	—
Gezählte Körner	625	400	440	400

*) = vorhanden.

Kalut-Sediment. Das lößähnliche Sediment, welches die eigenartigen Türme, Mauern und Zinnen der „Lutstädte" oder Kalut aufbaut, ist blaßgelbbraun mit einem Stich ins Rosa. Nach den Beobachtungen Gabriels ist es deutlich geschichtet. An der Probe selbst ist eine Schichtung nicht wahrnehmbar.

Die Korngrößenverteilung nach dem Sedimentationsverfahren von Atterberg ergab folgende Werte (Mittel aus 3 Bestimmungen):

d in mm	Gew. %	
0,2 —0,5	18,4	Grobsand
0,1 —0,2	18,5	Feinsand
0,05 —0,1	22,5	Feinsand
0,02 —0,05	19,0	Mehlsand
0,002—0,02	12,0	Schluff
0,002	9,6	Ton

Korngrößen-Kennzeichen (24, 27): Mediandurchmesser Md = 0,066 mm; Quartilmaße: $Q_3 = 0{,}157$, $Q_1 = 0{,}023$ mm; Sortierungskoeffizient: So = 2,585; Schiefe (skewness): Sk = 0,841.

Nach der Nomenklatur von Pettijohn ist das Sediment als siltreicher Sand (silty sand) zu bezeichnen.

Abb. 5 zeigt die Korngrößenverteilung des Kalutsediments, zu Vergleichszwecken einen Löß (17) und einen Hochflutlehm (25).

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

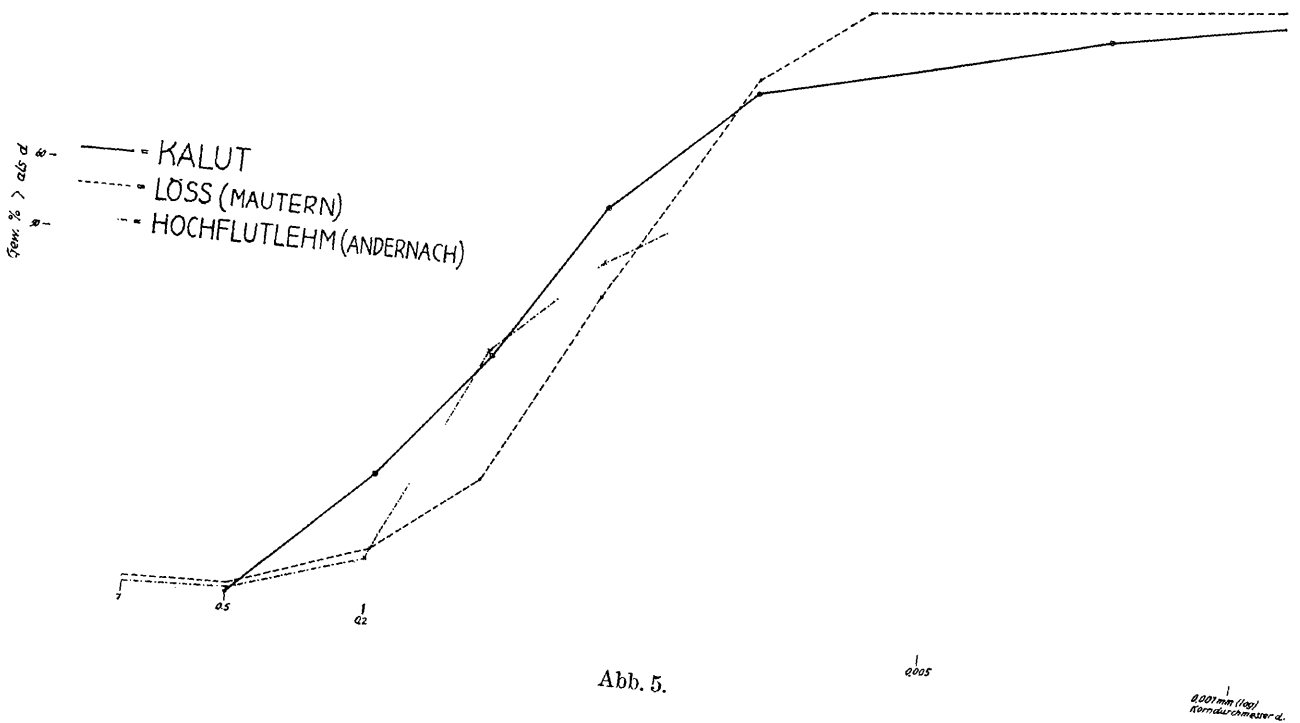

Abb. 5.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Die schlechte Sortierung des Kalutsandes geht aus der Summenkurve klar hervor. Bei Lößen schwanken die entsprechenden Kennzahlen zwischen 0,035—0,015 mm für Md, 0,05—0,03 für Q_3 und 0,025—0,008 mm für Q_1.

Die mineralogische Untersuchung der Sandfraktionen ergab eine völlige Übereinstimmung mit den Dünensanden (Grob- und Feinsande). Es soll daher nur kurz darauf eingegangen werden:

Dünnschliffe des Kalutsedimentes zeigen in einem braunen, dichten, „tonigen" Bindemittel zonare Ergußgesteinsplagioklase, wenig Quarz, verschieden rot oder schwarz gefärbte Grundmassenfragmente von sauren und basischen Vulkaniten, Pyroxen, Hornblende, Erz, kugelige Karbonatkörner und Serpentin. Die Grobsandfraktion ist ähnlich zusammengesetzt: Plagioklase, wenig Quarz, Grundmassen von Ergußgesteinen, Serpentin und Karbonatkörner. Abrollungsgrad: 4 a.

Feinsandfraktion (Vol.%): 7 Quarz, 38 Feldspat (überwiegend Plagioklas), 23 Mafite, 25 Grundmassen, 7 Karbonat.

Abrollungsgrad (100 Quarzkörner):

Klasse 1b	= 2,0%	Klasse 3b	= 17,3%
2a	= 11,4%	4a	= 42,3%
3a	= 4,0%	4b	= 23,0%

Schwermineralgehalt der Feinsandfraktion (Vol.%):

79 Erz, 17 mon. Pyroxen, 1 Hornblende (grün), 0,5 Apatit, 0,5 Zirkon, rhomb. Pyroxen, basalt. Hornblende, Karbonat, Turmalin (Schörl), Rutil, Serpentin, Chlorit.

Die Staubsandfraktion (Mehlsand + Schluff) enthält neben Quarz, Plagioklas, Karbonat, Pyroxen und Erz etwas reichlicher Chlorit, Serpentin und Glimmer (Muskowit und Biotit).

Besondere Aufmerksamkeit wurde der Tonfraktion gewidmet. Es war nicht uninteressant zu erfahren, welche Tonmineralien sich in dem ariden Klima der Lut bilden. Herr Dr. P. Wieden vom Institut für angewandte Mineralogie der Technischen Hochschule in Wien hat von dieser Fraktion ein Differentialthermodiagramm aufgenommen (Abb. 6). Er berichtet darüber folgendes: „Die differentialthermische Untersuchung der Tonfraktion erfolgte an einer Einwaage von 0,50 g. Als Aufheizgeschwindigkeit wurde 10° C pro Minute gewählt. Die gegen Pt/Rd aufgenommene DTA-Kurve ist der unteren Abbildung zu entnehmen (Abb. 6).

Es läßt sich neben einem äußerst geringen Gehalt an Montmorillonit noch Dolomit nachweisen. Der Gehalt an den beiden

Differentialthermischer Abbau

Ton Kalut

Abb. 6.

Mineralien läßt sich durch Planimetrieren der Wärmeflächen wie folgt angeben:

Montmorillonit	5—8 Gew.%
Dolomit	4—6 Gew.%

Zu dem äußerst kleinen Montmorillonitgehalt von 5 bis 8%, der röntgenographisch bekanntlich schon schwierig festzustellen ist, sei bemerkt, daß er sich bei diesem Ton auch durch eine einwandfreie Benzidinreaktion nachweisen läßt."

Eine Debye-Scherer-Aufnahme, die ich den Herren Kollegen Dr. A. Preisinger und K. Brauner verdanke, und bei deren Auswertung mich der Erstgenannte unterstützte und kontrollierte, ergab ebenfalls — wenngleich weniger deutlich als die DTA — die Anwesenheit von Montmorillonit, Muskowit, Quarz und Chlorit. Feldspate konnten wegen der Überlagerung der charakteristischen Linien nicht sicher erkannt werden. Wie aus den zahlreichen modernen Tonuntersuchungen hervorgeht, liefert erst die Kombination mehrerer Methoden einwandfreie Resultate.

Debye-Scherer-Aufnahme der Tonfraktion Kalut, CuK$_\alpha$-Strahlung, Kamera-Radius 57,3 mm (S. 622).

Herkunft der Sande.

Das charakteristische Merkmal aller Sandproben der Süd-Lut ist ihr Reichtum an vulkanischem Material, das im wesentlichen aus vorzüglich abgerollten Fragmenten von Ergußgesteinen und deren Mineralien besteht. Als primäre Ausgangsgesteine für die Sande kommen in erster Linie Andesite, Basalte, Dazite und Rhyolithe in Betracht. Es fehlen irgendwelche Hinweise auf Alkaligesteine. Auch die Gesteinsaufsammlungen von Sven Hedin, A. Gabriel u. a. in den östlichen und südlichen Randgebirgen der

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Nr.	Int.	2d(corr) mm	log sin	d_{hkl} Å	Zuordnung
1	s	6,2	8,72597	14,2	Montm.
2	s	9,0	8,89464	9,82	Montm. Glimmer
3	ss	12,5	9,03690	7,0	Chlorit?
4	mst	16,5	9,15683	5,37	Glimmer
5	stst	19,9	9,23752	4,46	Glimmer, Montm.
6	stst	26,7	9,36342	3,33	Quarz, Glimmer
7	ms	30,2	9,41582	2,96	Glimmer
8	m	37,2	9,50374	2,42	Quarz, Glimmer, Chlorid
9	ss	40,0	9,53405	2,25	Quarz
10	ss	42,7	9,56118	2,11	Quarz, Glimmer
11	m	45,7	9,58919	1,98	Quarz, Glimmer
12	ss	47,2	9,60244	1,92	Chlorit?, Glimmer
13	ss	49,2	9,61939	1,85	Quarz
14	ms	50,7	9,63159	1,80	Quarz
15	m	54,7	9,66221	1,67	Glimmer, Montm.
16	st.	60,2	9,70159	1,53	Glimmer (Chlorit)
17	st.	63,2	9,71932	1,50	Quarz
18	m.	69,2	9,75423	1,35	Glimmer, Quarz
19	st.	73,7	9,77795	1,28	Glimmer, Montm., Quarz
20	s	76,2	9,79031	1,25	Glimmer, Quarz, Montm.
21	ss	82,7	9,81998	1,16	Quarz, Montm.
22	ss	97,2	9,87513	1,03	Quarz, Montm.

Lut zeigen dieses starke Überwiegen der genannten pazifischen Gesteinstypen, deren Förderung sich über den langen geologischen Zeitraum von der Kreide bis fast in die Gegenwart erstreckte. Der Anteil an Karbonatgesteinen in den Sanden stammt wahrscheinlich aus der in diesen Gebieten so weitverbreiteten Kreideformation. Bemerkenswert ist die geringe Variation des Mineralbestandes der Sande, obwohl die Probeentnahmestellen oft viele Kilometer voneinander entfernt liegen. Dies weist einerseits auf ein ziemlich einförmiges, gleichbleibendes Liefergebiet, andererseits auf eine gründliche Durchmischung des Sandes durch die jahraus jahrein wehenden Winde, die auch immer wieder frisches Material aus den Bergen des Sarhad herbeibringen. A. Gabriel war in diesem Gebiet das absolute Fehlen von sandigen und staubförmigen Verwitterungsprodukten der anstehenden Gesteine aufgefallen. Wind und Wasser trugen die Zerfallsprodukte der Ge-

steine, unter denen sich wohl auch Tuffe befanden, in die ausgedehnte, vielleicht tektonisch angelegte Hohlform der Südlichen Lut. Stratil-Sauer, der im Jahre 1932 unter Lebensgefahr in die mittlere Lut vorgestoßen war und auch die Randgebiete der Südlichen Lut aus eigener Anschauung kennt, sieht die eigentliche Quelle der Dünensande in den vorwiegend sandigen Sedimenten, welche das Becken von Shadadd ausfüllen. Nach diesem Autor (34) folgte auf eine Periode der Sedimentation eine ältere Periode der Ausräumung bis auf den Grundwasserspiegel (Kawirboden), hierauf eine neuerliche Ablagerung von „jüngeren" Sedimenten. Aus diesen bestehen die im Durchschnitt 20 m hohen Lutstädte (Kalut), die nach einem vom Genannten aufgenommenen Profil aus Sandsteinen, wechsellagernden Sanden und Tonen, z. T. mit Deltaschichtung, aufgebaut sind. Diese jüngeren Sedimente unterliegen neuerlich der Ausräumung durch die deflatorische Kraft des Windes. Für die Verteilung der Sande innerhalb des Beckens sind Windrichtung, Windstärke und geländebedingter Stau verantwortlich. Die Kalutbildung, welche Gabriel querte, erstreckt sich NNW—SSO und verdankt ihre Ausformung Windsystemen aus dieser Richtung. Der seinerzeit beste Kenner der Geologie Persiens, der Finne A. F. Stahl, hat die Lutstädte als Lößbildungen gedeutet (32). Auch Niedermayer spricht in seiner Monographie über die Binnenbecken des iranischen Hochlandes von Seelößbildungen. Es ist klar, daß in diesen ariden Gebieten mit episodischen, aber um so heftigeren, wolkenbruchartigen Regen äolisches Material verschwemmt oder in vergängliche Seen hineingeweht werden kann. Für solche Bildungen, von denen es schöne Beispiele in den Wadis Südarabiens gibt, hat der englische Geologe Harrison, ein gründlicher Kenner Südpersiens, die Bezeichnung „aeolian silt" vorgeschlagen. Die vorzügliche Abrollung der Feinsandfraktion des Kalutsedimentes spricht zumindest für einen Anteil an umgelagerten äolischen Sediment, wenn auch zugegeben werden muß, daß ein hoher Abrollungsgrad auch im Verlauf mehrerer Sedimentationszyklen erworben werden kann, besonders wenn im Wechsel von Trocken- und Regenperioden das Sediment dem kombinierten Zusammenspiel von Wind und Wasser ausgesetzt ist.

Durch das Vorherrschen von Vulkaniten unterscheiden sich die Lutsande von den bisher bekannten Sanden der großen rezenten Wüsten. White (l. c.) hat eine Reihe von Wüstensanden verschiedener Länder auf ihren Mineralgehalt untersucht. Alle diese weichen durch einen mehr minder starken Anteil an „metamorphen Mineralien" und durch geringen Feldspatgehalt von den

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Sanden der Lut ab. Man wäre beinahe versucht, die Südliche Lut als eigene Sedimentprovinz im Sinne von C. H. Edelman zu betrachten.

Nr. 2. Kalksandstein. Pah Kuh.

Hellrötlichbraunes, feinkörniges, deutlich geschichtetes Gestein mit rotbrauner Verwitterungsrinde. Sekundäre Kalkspatadern durchqueren das Gestein diagonal zur Schichtung.

Die Feinschichtung kommt durch rhythmischen Absatz von kalkigen und sandigen Schichten zustande, deren Mächtigkeit etwa 1 mm beträgt. Korngröße: 0,1 mm (Mittel). Sowohl die klastischen, annähernd isometrischen Quarzeinzelkörner als auch die mehr gerundeten, mitunter zwillingslamellierten Calcitkörner sind von Limonitrinden umgeben. Feldspate fanden sich weder im Schliff noch im Pulverpräparat. Außer den sehr spärlichen Schwermineralien Pyroxen, Apatit, Biotit, Chlorit, Magnetit und Ilmenit, wurden Grundmassefragmente von Vulkaniten beobachtet.

Nr. 4. Kalksandstein. Hinter Čah Shand.

Hellmattgraues, undeutlich geschichtetes Gestein. Korngröße: 0,1 mm. Eckige, isometrische Quarzkörner ohne Flüssigkeitseinschlüsse und zwillingslamellierte Calcitkornaggregate sind in ungefähr gleicher Menge vorhanden. Rundliche, trübe Flecken aus tonigen Zersetzungsprodukten mögen einst Feldspate gewesen sein. Selten sind Chloritpseudomorphosen nach dunklen Gemengteilen, Turmalin und langsäuliger Zirkon.

Nr. 11. Kalksandstein. Shurshaki.

Graugrüner, etwas poröser Sandstein, recht ähnlich alpinen Flyschsandsteinen. Korngröße einheitlich um 0,1 mm.

Eckige Quarzkörner und kalkiges Bindemittel in ungefähr gleichem Mengenverhältnis. Erstere löschen undulös aus, zeigen bisweilen Böhmsche Streifung und Rutileinschlüsse. Verbogene Penninblätter sind aus Biotit hervorgegangen. Auch sonst ist Chlorit in verschieden grün gefärbten Aggregaten nicht selten. Vereinzelt Oligoklas, Zirkon, Apatit. Erwähnenswert sind Bruchstücke mikrofelsitischer Grundmassen von Vulkaniten. Sekundärer Chalzedon.

Nr. 36. Sandstein. Shurab, hinter Pensareh.

Mattgraugrüner, weißgesprenkelter, feinkörniger Sandstein. Korngröße: 0,2—0,3 mm.

Neben eckigen, einheitlich auslöschenden Quarzkörnern finden sich undulös auslöschende Quarzkornaggregate und trübe Albit-

zwillinge von Oligoklas und Andesin. Dazu kommen wellig verbogene Muskowit- und Biotitblätter, grüne Chloritaggregate und -sphärolithen sowie ferritisierte Magnetitkörner. Grundmassenfragmente saurer Ergußgesteine (Rhyolithe, Dazite, Andesite) mit deutlichem Fließgefüge sind da und dort festzustellen. Zu dem kalkigen Bindemittel gesellt sich manchmal etwas Chalzedon.

Nr. 10. Gips. Kalut.

Das Bruchstück einer Konkretion ist weiß, dicht, alabasterähnlich.

Nr. 7. Epidosit. Steinpflaster hinter Lager I in der Lut.

Hellgrünes Gestein, bestehend aus millimetergroßen Quarzkörnern und feinsten Epidotkörnchen und -nädelchen. Es dürfte sich um ein hochgradig verändertes Ergußgestein handeln.

Vom gleichen Fundort liegt ein intensiv ziegelrotes Gesteinsbruchstück vor, welches selbst im Schliff durch Anreicherung von Hämatit undurchsichtig erscheint. Nach Weglösen desselben bleibt nur Quarz zurück.

Nr. 23. Kalk. Gwar.

Feinkristalliner, hellgraubrauner Kalk. Korngröße: 0,2 mm.

Der Dünnschliff zeigt ein gleichmäßiges Kornpflaster aus unverzwillingtem Calcit. Fossilspuren fehlen.

Nr. 28. Kalk. Almab.

Hellgrauer, dichter Kalk mit lichten Adern.

U. d. M. erkennt man zahlreiche Oolithe (d = 0,5—0,8 mm). In den Adern bildet Calcit ein grobes Kornmosaik.

Nr. 37. Kalk. Khwedje Suleiman vor Nukabad.

Der hellgraue, dichte Kalk zeigt u. d. M. eine mechanische Beanspruchung in einzelnen Gleithorizonten. Diese bestehen aus stark druckzwillingslamellierten, undulös auslöschenden Calciten. Zwischen diesen Lagen befinden sich noch dichte linsenförmige Kalkpartien mit Fossilresten.

Nach Dr. W. Schors, einem Wiener Erdölgeologen, handelt es sich um nicht näher bestimmbare eocäne Foraminiferen.

Metamorphite.

Nr. 5. Graphitquarzit. Gerr-e-Safid.

Dunkelmattgrauer, undeutlich geschieferter Quarzit. Korngröße: 0,1 mm.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

In diesem bereits metamorphen Gestein wechseln quarzreiche Bänder und serizitreiche Lagen, entsprechend einem psammitischen und pelitischen Ausgangsmaterial, miteinander ab. In den farblosen bis schwach grünlichen Serizitpartien ist Graphit in verschieden großen Schüppchen oder als feiner Staub angereichert. Er wird von rot durchscheinenden Hämatitkörnchen begleitet. Die verzahnten Quarzindividuen bilden Linsen und Lagen, um die sich das Glimmergeflecht windet. Vereinzelt Biotit und Kalifeldspat.

Nr. 6 a. Epimarmor. Letzter Hügel hinter Gerr-e-Safid.

Dunkelgrauer, feinkristalliner Kalkmarmor.

Im Schliff durch Korngrößenunterschiede und Pigmentverteilung (kohlig-graphitisch) gebändert bis feinschichtig. Der Calcit ist stark druckzwillingslamelliert. Vereinzelt sind Quarzkörner eingestreut. Diese enthalten das dunkle Pigment, welches sonst nur an die Korngrenzen des Calcits oder an alte Schichtgrenzen geknüpft ist. Im Lösungsrückstand außer Quarz nur limonitisierter Magnetit.

Nr. 26. Chiastolithschiefer. Zwischen Dar Panizi und Rud.

In dem deutlich geschieferten, grauschwarzen, biotitreichen Gestein liegen zahlreiche 1 cm lange, schwarze Andalusite (Chiastolithe). Auch das Schliffbild wird von den großen Andalusitkristallen beherrscht, die im Kern mit kohligen Einschlüssen erfüllt sind. Nur eine schmale Hülle bleibt einschlußfrei. Auslöschung gerade, $-2V = 82^0$. Das Grundgewebe besteht vorwiegend aus dunkelbraunem, einachsigem, stark pleochroitischem Biotit, feinkörnigem Quarz, Apatitsäulchen, Magnetitkörnchen und kohligen Substanzen. Das Gestein ist zweifellos ein Kontaktprodukt der Granite Nr. 24 und 25.

Plutonite.

Nr. 25. Hornblendegranit. Darreh Kishkin.

Mittelkörniges, grauweißes Gestein. Man erkennt mit freiem Auge 0,5 cm lange Hornblendenadeln, gelblichweißen Kalifeldspat und graue Quarzkörner.

Gemengteile: Mikroklin, Plagioklas, Quarz, Hornblende, Magnetit, Apatit, Chlorit, Epidot, Serizit, Titanit.

Struktur: Hypidiomorph-körnig.

Mikroklin: Stets xenomorphe, durch Ferritstaub getrübte Individuen mit flauer Gitterung in den Kernpartien. Der kleine Achsenwinkel ($-2V = 61 \pm 2^0$) und die Auslöschungsschiefe von 9^0 auf M weisen auf einen noch unentmischten KNa-Feldspat. An den Rändern wird die Mikroklingitterung deutlicher und schärfer,

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

der Achsenwinkel steigt auf die für Mikroklin normalen Werte von 83 ± 2°, und auf M erscheinen Albitspindeln und -fäden.

Die idiomorphen, nach x gestreckten, dicktafeligen Plagioklase sind nach dem Albit-Karlsbader Gesetz, selten nach dem Manebach-Periklin- oder Komplex Manebach-Ala-Gesetz verzwillingt. Der anorthitreiche Kern und basische Rekurrenzzonen sind in dichte Epidot- und Serizitaggregate umgewandelt. Die Plagioklase schwimmen gleichsam im xenomorphen Mikroklin. Der Chemismus entspricht einem basischen Oligoklas: Kern 34% An, Hülle: 23% An, Hauptmasse: 29% An.

An der Grenze der beiden Feldspate erscheinen oft Myrmekitsäume und -knospen, wobei Mikroklin den Plagioklas zu verdrängen scheint. Der schwach undulös auslöschende Quarz enthält zahlreiche Gas- und Flüssigkeitseinschlüsse in parallelen Wänden.

Die grüne, gemeine Hornblende ist prismatisch nach z, terminal ohne Kristallform. Wo sie an Kalifeldspat grenzt, ist sie korrodiert. Zwillinge nach (100). $c/\gamma = 18°$, $-2V = 68°$, $\gamma - \alpha = 0{,}021$, Dispersion: Achse A: $\varrho > \nu$, Achse B: $\varrho > \nu$. Pleochroismus: Dunkelgrün (γ) bis gelbgrün (α).

Ein im Schliff intensiv grüner Chlorit ist bisweilen mit Hornblende verwachsen oder er umsäumt die unentmischten Titanomagnetitoktaeder und -körner. Wie vereinzelte braune Biotitreste zeigen, dürfte er Pseudomorphosen nach diesem Mineral bilden. Apatitsäulchen, selten auch Zirkon, bilden Einschlüsse in den Mafiten. Titanit ist in größeren Kristallen sicher ein primärer Gemengeteil.

Vol.%: 30 Kalifeldspat, 47,5 Plagioklas, 15 Quarz, 5,5 Hornblende, 1,5 Magnetit, 0,2 Titanit, 0,1 Apatit, Zirkon, Chlorit, Serizit, Epidot.

Vom gleichen Fundorte stammt ein Bruchstück eines stark zersetzten Biotitgranites (Nr. 24) mit 2—5 mm großen Kalifeldspaten. Der Kalifeldspat ist ein Mikroklin perthit, $-2V = 84°$, in einzelnen Partien auch kleiner. Der Perthit ist in diesem Gestein mehr tropfenartig ausgebildet.

Vom Plagioklas sind nur mehr die albitreichen einschlußfreien Hüllen (6% An) erhalten, während die Kerne von Muskowitblättern erfüllt sind, die eine gewisse Orientierung nach einem ehemaligen Zonarbau erkennen lassen. In den innersten Kernpartien trifft man auch dichte Zoisitaggregate. Braune Limonitinfiltrationen und tonige Zersetzungsprodukte sind auf diese Kernpartien beschränkt. Die eng gescharten Albitzwillingslamellen sind gelegentlich leicht verbogen. Sekundärlamellen setzen an jüngeren Spaltrissen nach (001) scharf ab. Der Biotit ist unter Ausscheidung

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

eines Sagenitgeflechtes chloritisiert, Magnetit randlich in Hämatit umgewandelt. Apatit, gedrungen säulig, Zirkon ganz vereinzelt.

Nr. 9. Syenit. Vor Lager II in der Lut.

In dem mittelkörnigen, rötlichgrauen Gestein erkennt man mit freiem Auge Feldspatleisten und dunkelgrüne Flecken und Nester aus Hornblende und Biotit.

Gemengteile: Plagioklas, Orthoklas, Quarz, Hornblende, Diopsid, Biotit, Magnetit, Apatit, Titanit, Chlorit. Struktur: Hypidiomorphkörnig.

Plagioklas: Nach M tafelige Albit-Karlsbader Doppelzwillinge mit normalem, vom Kern zur Hülle allmählich verlaufendem Zonarbau. Selten Periklin-, Bavenoer- und Alazwillinge. Kern: 54—60% An, Hülle: 14—21% An. Nicht selten sind die Kristalle mit ihren M-Flächen untereinander auf kurze Strecken parallel orientiert und schwimmen im bräunlich pigmentierten Kalifeldspat. Dieser ist ein schwach mikroperthitischer Orthoklas. $-2V = 66 \pm 2^0$, $\alpha/x = 7^0$. Er bildet entweder nach x gestreckte, tafelige Karlsbader Zwillinge oder zusammen mit Quarz mikropegmatitische Verwachsungen in den Zwickeln der Feldspatleisten (Restkristallisation). Die Perthitausscheidungen sind erst bei starker Vergrößerung sichtbar. Eine beginnende Triklinisierung verrät sich durch die wogende Auslöschung (flaue Gitterung). Die grüne, gemeine Hornblende ($c/\gamma = 17{,}5^0$, $-2V = 81^0$, $\gamma - \alpha$ 0,020) enthält in den Kernpartien Relikte von Diopsid ($+2V = 60^0$). Achtseitige Querschnitte und breitrechteckige Längsschnitte zeigen, daß Hornblendepseudomorphosen nach Diopsid vorliegen. Zwillinge nach (100). Bei der Umwandlung wurde Titan als Titanit ausgeschieden. Der idiomorphe Biotit (Lepidomelan) ist häufig unter Neubildung von Rutil in Pennin umgewandelt. Titanomagnetit: Scharf begrenzte Oktaeder. Sechsseitige Apatitsäulchen und -nadeln durchspießen die dunklen Gemengteile.

Vol.%: 42 Orthoklas, 34 Plagioklas, 8 Quarz, 14 Mafite, 2 Erz und Apatit. Es handelt sich somit um einen quarzführenden, plagioklasreichen Alkalikalksyenit. Die Bezeichnung Granodiorit auf der Karte ist durch Syenit zu ersetzen.

Nr. 3. Saussuritgabbro. Vor Čah Shand.

Hellgraugrünes, fein- bis mittelkörniges Gestein. Aus den mattgrünweißen Saussuritflecken schimmern stellenweise die Translationsflächen des Diallages.

Der Pyroxen (etwa $^1/_3$ des Gesteins) ist völlig unverändert, ohne jede Spur einer beginnenden Uralitisierung. Er bildet

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

lappig begrenzte Einzelkörner von 0,2—1,2 mm oder Kornaggregate. Außer den Spaltrissen bemerkt man klaffende Absonderungsrisse nach (100), (010), selten nach (001). $c/\gamma = 39{,}5^0$, $+ 2V = 57^0$, $\gamma - \alpha = 0{,}026$, Zwillinge nach (100).

Die ursprünglich basischen Plagioklase sind völlig in Saussurit umgewandelt ($^2/_3$ des Gesteins). Dieser besteht aus Zoisitnadeln von 0,02 bis 0,05 mm Länge, $+ 2V$ ca 5^0, AE senkrecht zur Längserstreckung. Er wird von optisch einheitlich orientierten Albitfeldern umschlossen. Primäres Erz fehlt in größeren Ausscheidungen, nur bräunliche Leukoxenschleier breiten sich über den Saussurit.

Vulkanite.

Charakteristik der Gemengteile.

Plagioklas. Als Einsprengling bildet Plagioklas nach M tafelige Kristalle mit den Formen {010}, {001}, {110}, {1$\bar{1}$0}, {$\bar{1}$01}, {$\bar{2}$01}, ab und zu mit {021} und {130}. Kanten und Ecken erscheinen durch magmatische Korrosion manchmal gerundet oder eingebuchtet. Die Größe schwankt von etwa 1 mm bis 1 cm. Auch seriale Übergänge in die Grundmassefeldspate kommen vor. Polysynthetische Albitzwillinge und Albit-Karlsbader Doppelzwillinge überwiegen (etwa 80%). Zwillinge nach dem Periklingesetz sind mit etwa 15% vertreten. Der Rest entfällt auf Manebacher, Ala- und Bavenoer Zwillinge. Die beiden erstgenannten sind in einem mittleren Anorthitbereich optisch kaum von Periklinzwillingen zu unterscheiden. Die zonaren Einsprenglinge rasch erstarrter Andesite mit glasreichen Grundmassen werden nur von wenigen, breiten Albitlamellen durchzogen. An den Kristallenden sind manchmal sehr schmale Sekundärlamellen eingeschaltet, die im Innern sprunghaft absetzen oder auskeilen. Wir betrachten sie durch Stress entstanden, während die breitlamelligen Albitzwillinge wohl als Wachstumszwillinge zu deuten sein werden.

Nur langsam konnte sich die Theorie von der sekundären Entstehung mancher Plagioklasverzwilligungen durch Druck durchsetzen. Nachdem bereits Werveke (39), Lodotschnikow (22), Baier (1), Mügge (23) u. a. auf die Rolle des Stresses bei der Zwillingsbildung hingewiesen hatten, brachten in neuerer Zeit Emmons (9) und seine Mitarbeiter weitere Beispiele und Beweise. Der Zonarbau ist normal, oszillierend, mit meist zahlreichen Rekurrenzzonen. In mehreren Fällen führen die Andesite und Dazite zweierlei Einsprenglingsarten, einschlußfreie oder -arme und solche mit zahlreichen Glas- und Grundmasseeinschlüssen.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Diese sind entweder regellos verteilt, eine Art Honigwabenstruktur bildend oder zonar zwischen einem gerundeten bzw. korrodierten Kern und einer klaren basischen Hülle angeordnet. Der Anorthitgehalt im Kern beträgt etwa 35% in der basischen Hülle etwa 60% und fällt dann kontinuierlich, aber sehr steil auf etwa 30% bzw. auf den Anorthitgehalt der Grundmasseplagioklase. Manchmal scheinen auch Bruchstücke größerer Plagioklase korrodiert worden zu sein. Sie wurden später von einer klaren Hülle umwachsen, die nach außen mit Kristallflächen abschließt. Es besteht kein Zweifel, daß diese einschlußreichen Einsprenglingsplagioklase mit der Schmelze im Ungleichgewicht standen, korrodiert und teilweise aufgelöst wurden. Erst nach Herstellung des Gleichgewichtes erfolgte rasche Kristallisation der mit Feldspatsubstanz übersättigten Umgebung des korrodierten Kristalls, wobei mitunter Mikrolithen femischer Gemengteile miteingeschlossen wurden. Erst auf diese stürmische Kristallisation folgte die Abscheidung der basischen Hülle. Es gibt seltene Fälle, wo man die Abscheidung der anorthitreicheren Hülle in ihren Anfangsstadien verfolgen kann und selbst solche, wo es ohne Korrosion zu ihrer Bildung kam. Die Korrosion der Kerne steht vielleicht mit den geänderten physikalisch-chemischen Bedingungen unmittelbar vor der Eruption im Zusammenhang. Die Bildung der Hülle erfolgte wahrscheinlich während der Kristallisation der Grundmasse. In der älteren Literatur sind Beobachtungen von Plagioklaseinsprenglingen mit basischen Hüllen nicht häufig. Hibsch (14) erwähnt sie in einer Notiz über Quarzbasalte aus dem Kaukasus. In neuerer Zeit wurden sie von Homa (15), Larsen (20), Kuno und Bentor (3) studiert. Alle Autoren sind sich darüber einig, daß diese Plagioklaseinsprenglinge nicht in dem Magmabereich kristallisierten, wo sie sich gegenwärtig befinden. sondern gleichsam Xenokristalle darstellen. Meinungsverschiedenheiten bestehen in bezug auf die Deutung. Während die meisten Forscher an eine Mischung saurer und basischer Teilmagmen denken, vertritt Bentor die Ansicht, daß die sauren einschlußreichen Plagioklase aus plutonisch kristallisiertem Nebengestein stammen. In den uns vorliegenden Gesteinen spricht nichts gegen diese Deutung, da die Hochtemperaturoptik der Xenokristalle auch sekundär erworben sein kann.

Der Anorthitgehalt der Plagioklaseinsprenglinge schwankt von einem basischen Bytownit bis zu einem basischen Oligoklas. Am häufigsten sind Andesine von etwa 40%. Zahlreiche Bestimmungen mit dem U-Tisch zeigten, daß die (010- und $\bar{0}01$-) Pole den Köhlerschen Hochtemperaturkurven folgen. Die Grundmasseplagioklase sind leistenförmig, oft terminal gegabelt. Ihre

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Größe kann auf wenige μ herabsinken. Normaler, kontinuierlich verlaufender Zonarbau.

Einsprenglinge von Sanidin mit Zwillingsbildung nach dem Manebacher und Bavenoer Gesetz wurden nur in einem Rhyolith festgestellt. Seine Hauptverbreitung besitzt er in der Grundmasse dieser Gesteine, wo er zusammen mit Quarz die letzten Erstarrungsreste bildet. In glasführenden Gesteinen wurde er überhaupt nicht ausgeschieden.

Quarz. Als Einsprengling nur auf die Dazite beschränkt. Hier findet er sich in einzelnen 0,2 bis 0,5 mm großen, kugeligen oder eiförmigen Individuen, die manchmal von einem Porricinsaum umgeben sind und wahrscheinlich Fremdlinge darstellen. Glaseinschlüsse sind verbreitet.

Tridymit wurde in Porenhohlräumen dazitischer und andesitischer Grundmassen mehrmals angetroffen.

Rhombischer Pyroxen zählt zu den wesentlichen dunklen Gemengteilen vieler Dazite, Andesite und Basalte. Bei säuligem Habitus zeigt er die Formen: {100}, {010}, schmale {110} und {122} als Endbegrenzung. Zwillingsbildung nach (011) und (023). Die Größe des Achsenwinkels schwankt von 60° bis 70° im Durchschnitt. Ein Zonarbau mit einem eisenarmen Kern und einer eisenreichen Hülle, manchmal auch umgekehrt, ist meist vorhanden. Der Pleochroismus von Rosabraun bis Grünlichbraun ist selbst bei verhältnismäßig FeO-armen Mischungen deutlich erkennbar. Eine Parallelverwachsung mit monoklinem Pyroxen als Hülle trifft man ab und zu in Hypersthenbasalten. Im Hypersthen-Andesit Nr. 31 zeigt der rhombische Pyroxen ähnliche optische Eigenschaften, wie sie Lacroix aus Gesteinen des Mte. Pelée und Seemann aus anatolischen Andesiten beschrieben hat. Der Achsenwinkel sinkt vom Kern gegen den Rand kontinuierlich auf 0° und öffnet sich in der äußersten Hülle senkrecht zur Hauptzone. Daß es sich bei dieser Erscheinung wahrscheinlich um eine Hitzewirkung bzw. Oxydation des Fe″ handelt, geht daraus hervor, daß die Änderung der optischen Eigenschaften auch von Absonderungsrissen nach (001) oder Spaltrissen ausgeht. Ein weiteres Ergebnis der Oxydation ist die Bildung eines Hämatitrandes, der in der Richtung der z-Achse weiter gegen den Kern reicht. Hypersthensäulchen der Grundmasse werden oft völlig von einem Pelz aus feinverteiltem Hämatit eingehüllt. Experimentelle Untersuchungen wären notwendig. Am häufigsten jedoch wird der Hypersthen in ein Gemenge von Bastit und Opal umgewandelt.

Der monokline Pyroxen ist ein diopsidischer Augit. Im Schliff blaßgrün bis farblos, mit den Formen {010}, {100}, {110} im

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Gleichgewicht und {$\bar{1}$11}. Zwillingsbildung nach (100). Der Achsenwinkel liegt zwischen 50° und 56°, c/γ = 40°—43°. Er bildet Einsprenglinge, die sich gern zu glomeroporphyrischen Knäueln vereinigen oder Mikrolithen in den hyalopilitischen Grundmassen der Andesite und Basalte. Glaseinschlüsse kommen in beiden Pyroxenen vor. Umwandlung in Chlorit und Karbonat.

Die Hornblende der Andesite und Dazite ist langsäulig bis nadelig. Die Formen {110}, {010} und {111} sind durch magmatische Einwirkung undeutlich. Zwillingsbildung nach (100). Die rotbraune Farbe, kräftiger Pleochroismus, kleines c/γ, fast 0°, eine mittlere Lichtbrechung um 1,70, charakterisieren die Hornblende als basaltische bzw. Oxyhornblende. Sie unterliegt gewöhnlich einer Umwandlung in dichten Magnetit (Opazit), der von Pyroxenkörnchen begleitet sein kann. Der Magnetit wurde gewöhnlich weiter in Hämatit umgewandelt.

Biotit. In den Daziten und Rhyolithen bildet ein tiefrotbrauner Biotit Einsprenglinge, die unter Erhaltung der Form randlich oder vollständig in locker gefügte Magnetit- (Hämatit-) Pyroxenpseudomorphosen zerfallen sind.

Olivin ist als Einsprengling in den Basalten vertreten. Der Achsenwinkel liegt um 90°. Die Kristallformen sind durch die verbreitete Umwandlung in Iddingsit undeutlich. Daß diese Umwandlung schon frühzeitig einsetzt, wird durch Pyroxenhüllen um Olivine mit Iddingsitrand bewiesen, die ihn vor weiteren Angriff schützten.

Apatit. Meist farblose, gedrungen säulige Kristalle, bisweilen mit strichförmigen Einschlüssen parallel z. In einigen Daziten auffällig rotbraun mit kräftigem Pleochroismus, gewöhnlich mit primärem Erz verwachsen oder in Opazitpseudomorphosen nach Biotit eingeschlossen.

Zirkon ist auf die Rhyolithe beschränkt, wo er kurzsäulige Kristallchen in den dunklen Gemengteilen bildet. In den Andesiten konnte er niemals beobachtet werden.

Erze. Das wichtigste primäre Erzmineral in den untersuchten Vulkaniten ist Titanomagnetit. Je nach dem Titangehalt ist er im Anschliff weiß bis rosabraun, ohne erkennbare Spuren einer Ilmenit- oder Spinellentmischung. Verbreitet ist eine Martitisierung, die vom Rande oder von Spaltrissen ausgeht und schließlich zu Hämatitpseudomorphosen führt. In Vulkaniten, die während oder im Anschluß an die Eruption einer starken pyrogenen Beeinflussung durch heiße Gase ausgesetzt waren, zeigt der Hämatit den groben Lamellenbau des Hitzemartites (26, 10). Wo Titanomagnetit von femischen Gemengteilen eingeschlossen war, blieb er von der

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Martitisierung verschont. Im Gestein Nr. 16 enthält er Magnetkiestropfen als Frühausscheidung. Die Opazitpseudomorphosen nach Hornblende sind häufig in Hämatit und Goethit umgewandelt. Die Glasbasis der Vulkanite ist nicht selten durch feinverteilten Magnetit oder Hämatit globulitisch gekörnelt. Lacroix (19) führte dies auf langsame Abkühlung an der Luft zurück, während die Rotfärbung (Hämatit) durch Fumarolentätigkeit und Säuredämpfe verursacht sein soll. Größere Magnetitkristalle wachsen mitunter auf Kosten dieser Globulite und sind dann von einem hellen Hof umgeben. Man beobachtet diese Erscheinung auch in Opazitpseudomorphosen nach dunklen Gemengteilen als Hinweis auf eine verhältnismäßig späte Erzkristallisation.

Nr. 21. Rhyolith. Surk.

Hellrötlichviolettes Gestein mit ausgezeichnetem Fließgefüge. Die millimetergroßen Feldspatleisten liegen der Länge nach in der Fließrichtung. Außerdem sind braunschwarze Glimmerpseudomorphosen in der dichten Grundmasse erkennbar.

Unter den Feldspateinsprenglingen überwiegen nach M tafelige Plagioklase (1,5×0,5 mm), mit wenigen Albitzwillingslamellen an den abgerundeten Kristallenden. Anorthitgehalt: 30 bis 35%. Sanidin (1—2 Einsprenglinge pro Schliff) ist bisweilen nach dem Manebacher und Bavenoer Gesetz verzwillingt. Opt. neg. $-2\,V = 39^0$.

Quarz fehlt als Einsprengling. Die idiomorphen Einsprenglinge von Biotit sind unter Erhaltung der Kristallform vollständig in Opazit umgewandelt. Die durch Ferritstaub gebänderte Grundmasse ist holokristallin mit Übergängen in Mikrofelsit. Die gröber kristallinen Anteile bestehen aus langgezogenen Linsen und Bändern, die aus Quarz Sanidin, Biotitpseudomorphosen und Erzkörnchen aufgebaut sind. In den Linsen zeigt der Sanidin oft noch rechteckige Umrisse, während der Quarz ein feinverzahntes Kornaggregat oder chalcedonähnliche Fächer bildet. Stellenweise sind auch Andeutungen einer granophyrischen oder pseudosphärolithischen Struktur vorhanden. Als Einschlüsse trifft man in den Opazithaufen Apatitnadeln und gedrungene Zirkonkriställchen. SiO_2-Gehalt des Gesteins: 71,45 Gew.%.

Vom gleichen Fundort liegt noch ein verkieselter Rhyolith vor, dessen Plagioklaseinsprenglinge typische Protoklase zeigen. Die Grundmasse wird von bräunlichem Opal durchtränkt.

Nr. 22. Rhyolith. Bur Kuh.

In einer hellgrauen, weißgefleckten Grundmasse mit Fluidaltextur liegen Bruchstücke von zersetzten Feldspaten, Quarz-

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

einsprenglingen und Biotit. Im Schliff überwiegen Einsprenglinge von Quarzdihexaedern mit tiefen Korrosionsbuchten. Daneben trifft man Karbonatpseudomorphosen nach Feldspaten und gestauchte Biotite. Primäres Erz (Magnetit), von Apatitsäulchen durchspießt, ist in Hämatit umgewandelt. Die mikrofelsitische, dichte Grundmasse enthält reichlich weiße, tonige Zersetzungsprodukte und Karbonatinfiltrationen.

Nr. 18. Rhyolith. Deh Hur.

In einer mattrötlichbraunen Grundmasse liegen zum größten Teil zersetzte millimetergroße Feldspate.

An den idiomorphen, stark zersetzten Plagioklaseinsprenglingen (Oligoklas-Albit), läßt sich das Albit-, Karlsbader, Manebacher und Ala-Zwillingsgesetz noch feststellen. Vereinzelt Erzpseudomorphosen nach Biotit. Quarz fehlt als Einsprengling.

Die Grundmasse ist felsitisch. Durch die wellige Anordnung der Ferritstreifen wird das Fließgefüge verdeutlicht. Zwischen diesen Streifen liegen wie in Nr. 21 langgezogene Linsen von Quarzkornaggregaten, zu denen trüber Kalifeldspat treten kann.

Aus der Idiomorphie der Alkalifeldspate in diesen Miarolen darf man wohl schließen, daß die Kristallisation, begünstigt durch Mineralisatoren, bis in die postvulkanische Phase gereicht hat.

Nr. 34. Dazit. Bazman-Gipfel.

In einer hellrötlichbraunen Grundmasse liegen grauweiße, bis 1 cm große Plagioklaseinsprenglinge und 1—2 mm lange Hornblendenadeln.

Die Plagioklaseinsprenglinge sind ungefähr isometrische Albit-Karlsbader Zwillingskomplexe mit breiten Albitlamellen, in die sich gelegentlich feine, auskeilende Sekundärlamellen einschalten. Die Kristallformen können durch magmatische Korrosion undeutlich werden. Glas- und Grundmasseeinschlüsse finden sich nur in kleineren Einsprenglingen. Der Zonarbau ist normal, mit zahlreichen, im Anorthitgehalt nur wenig schwankenden Zonen. An manchen Kristallen ist eine sehr schmale basische Hülle angelagert, ohne daß es, wie zumeist vorher, zu einer Korrosion des Kernes kam. Anorthitgehalt: 35—45%, in der erwähnten basischen Hülle 50%.

Quarz erscheint in 0,3 mm großen, eiförmig gerundeten Individuen (2—3 pro Schliff). Korrosionsbuchten fehlen, zahlreiche Glaseinschlüsse. Die Einsprenglinge der rotbraunen Hornblende sind von einem schmalen, pyroxenfreien Opazitsaum umgeben. $c/\gamma = 1^0$, $-2\,V = 72{,}5^0$; $\alpha = 1{,}693$, $\gamma = 1{,}717$. Pleochroismus: γ = dunkelrotbraun, β = rötlichbraun, α = gelbbraun.

www.biologiezentrum.at

Unregelmäßige Verwachsungen mit Plagioklas kommen ab und zu vor.

Der langsäulige bis nadelige rhombische Pyroxen (0,25 × 0,04 mm) ist an den Rändern, besonders aber an den Kristallenden, durch Hämatit rotbraun gefärbt. —2 V = 69°; Pleochroismus: α = rosabraun, γ = gelbgrün. Als Seltenheit wurde dunkelrotbrauner Biotit im Kern einer korrodierten Hornblende beobachtet.

Magnetit bildet als Einsprengling Oktaeder (0,2 mm), die randlich martitisiert sind.

Der Übergang von den Einsprenglingen zur dichten Grundmasse, wird durch das Auftreten der genannten Mineralien in einer mikroporphyrischen Generation etwas ausgeglichen.

Die Grundmasse besteht aus einem Mikrolithenfilz von Plagioklasleisten (An_{26}—An_{25}), opazitisierten Hornblende- und Pyroxennadeln, Magnetitkriställchen und einer farblosen Glasbasis (n = 1,494). In der Grundmasse findet sich auch gedrungensäuliger Apatit mit gerundeten Kristallenden.

Vol.%: 74,5 Grundmasse, Einsprenglinge: 20 Plagioklas, 4,3 Hornblende, 1 Hypersthen, 0,2 Quarz. Sp. G. = 2,46.

Nr. 43. Dazit. Kuh Garoh.

Hellgraues, porphyrisches Gestein, mit 0,5 bis 5 mm großen Einsprenglingen von Plagioklas, Biotit und Hornblende.

Die wenigen Quarzeinsprenglinge sind nur im Schliff erkennbar, da sie selten einen Durchmesser von 0,5 mm erreichen. Sie sind fast kugelig, oft von Sprüngen durchzogen und einschlußfrei. Manche von ihnen besitzen eine Hülle aus monoklinen Pyroxennadeln (Porricin).

Die idiomorphen, zonaren Plagioklaseinsprenglinge bilden Albit-Karlsbader Doppelzwillinge, manchmal mit Periklinlamellen, als Seltenheit auch Alazwillinge. Neben vorwiegend einschlußfreien Einsprenglingen begegnet man solchen mit stark korrodierten Kernen, breiten, durch Glas- und Grundmasse trüben Zonen und klarer anorthitreicher Hülle. Anorthitgehalt der einschlußarmen oder freien Einsprenglinge: 40% im Mittel. Die korrodierten Einsprenglinge sind im Kern etwas albitreicher: 30—35%, 60% in der schmalen basischen Hülle, am äußersten Rand auf 30% steil abfallend.

Die sechsseitigen Biotiteinsprenglinge besitzen einen schmalen Saum aus Magnetit. Opt. zweiachsig, negativ, —2 V = 29°, AE// (010), β = 1,665. Pleochroismus: dunkelschwarzbraun bis grünlichgelb. Als Einschlüsse kommen farblose Apatit-

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

säulchen vor. Die Einsprenglinge der rötlichbraunen Hornblende fallen durch die starken Resorptionserscheinungen auf, wobei sich ein grobes Gemenge aus Magnetit und monoklinem Pyroxen bildete. Im Zusammenhang mit einem Zonarbau, erscheinen die Kernpartien stärker umgewandelt, während eine schmale Hülle unversehrt blieb. Zwillingsbildung nach (100). $c/\gamma = 2^0$, $-2\,V = 76^0$, $\alpha = 1{,}677$, $\gamma = 1{,}700$, $\gamma - \alpha = 0{,}023$. Pleochroismus: γ = dunkelrotbraun, β = braungelb, α = gelbgrünbraun. Achsendispersion: $\varrho > \nu$.

Monokliner Pyroxen bildet, als seltener Einsprengling, knäuelförmige Gruppen. Zwillinge nach (100).

$+2\,V = 53^0$ (Kern), 49^0 (Hülle), $c/\gamma = 41^0$—43^0, $\beta = 1{,}697$

Rhombischer Pyroxen ($-2\,V = 72^0$) wurde nur einmal festgestellt.

Magnetit bildet wenige 0,1—0,2 mm große Einsprenglinge.

Die hyalopilitische Grundmasse besteht aus sehr dicht gefügten Plagioklasleistchen (etwa An_{27}), Pyroxenmikrolithen und Magnetitoktaedern, die durch eine farblose Glasbasis (n = 1,503) verkittet werden.

Vol.%: 81,5 Grundmasse. Einsprenglinge: 12,3 Plagioklas, 4,7 Hornblende, 0,6 Biotit, 0,6 Quarz, x Pyroxen, x Erz. Sp. G. = 2,60.

Nr. 40. Biotit—Augit—Dazit. Bidistil.

Hellgraues, porphyrisches Gestein mit Einsprenglingen von Plagioklas und Biotit.

Auch dieses Gestein führt pro Schliff 2 oder 3 Quarzrundlinge (0,2 mm). Neben fast einschlußfreien Plagioklaseinsprenglingen variabler Größe (1—10 mm), mit einem Anorthitgehalt von 40% im Mittel, trifft man auch solche, die mit Ausnahme einer schmalen Hülle oder eines Restkernes völlig von Glaseinschlüssen, Erz- und Pyroxenmikrolithen erfüllt sind. Der Anorthitgehalt dieser Xenokristalle beträgt 32%, steigt in der Hülle auf 60% und fällt in den äußersten Partien steil ab auf etwa 40% (Tafel 1, Fig. 3).

Die Biotite sind in locker gefügte Opazit-Pyroxen-Gemenge umgewandelt und enthalten Magnetitoktaeder und farblose Apatitnadeln als Einschlüsse. Der monokline Pyroxen (Diopsid) hat seine Hauptverbreitung in der Grundmasse, wo er neben zonaren Plagioklasleisten (An_{25}—An_{35}) Säulchen und Nadeln bildet. Die Grundmasse ist holokristallin. Die Mikrolithengeneration von Plagioklas, Pyroxen und Magnetit wird von optisch einheitlich orientierten Quarzfeldern umschlossen, in denen man bei stärkster Vergrößerung ein feinverzweigtes Netz aus Sanidin feststellen kann.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Nr. 41. Dazit (geschmolzen). Bidistil.

Die ausgedehnten Haufen von angeschmolzenen und umgeschmolzenen grünbraunen und grauen Daziten in dem abgelegenen Bidistiltal ließen auf einen alten Bergbau schließen. Die spektrographische Untersuchung einer Probe durch Dr. E. Schroll (Wien) ergab außer Fe und Mn etwa 1% Blei, daneben Spuren von Cu, Zn, Sb, Ag, Co. Sn und Bi fehlten. Es wurde wahrscheinlich eine meso- bis tiefthermale, subvulkanische Pb-Zn-Lagerstätte abgebaut.

Nr. 16. Hypersten—Augit—Dazit. Sar Naran.

In einer bräunlichgrauen Grundmasse liegen 1—2 mm lange Plagioklasleisten und schwarze, glänzende Pyroxensäulchen.

Die Einsprenglingsplagioklase sind zonare Albit-Karlsbader Doppelzwillinge, zum Teil mit Periklinlamellen. Die peripheren Teile enthalten zonar angeordnete Glaseinschlüsse. Anorthitgehalt: 48—52% im Mittel. Hypersthen bildet schlanke, idiomorphe Säulchen (0,3—1 mm). Verzwilligung nach (023) führt zu sternförmigen Gruppierungen. Manchmal verwächst er mit Plagioklas- oder Magnetiteinsprenglingen. $-2V = 58^0$.. 31 Mol.% Fe″. Die Einsprenglinge von diopsidischem Augit (0,3 mm) sind idiomorph und nach (100) verzwillingt. $c/\gamma = 43^0$, $+2V = 53^0$, $\beta = 1{,}692$.. $Wo_{44}En_{40}Fs_{16}$. Einzelne Opazithaufen lassen nach ihrer Form auf Hornblende schließen. Magnetit bildet kleine Einsprenglinge (0,1 mm), die manchmal mit gedrungensäuligem Apatit verwachsen sind. Er umschließt außerdem tropfenförmigen Magnetkies als Frühausscheidung. Die Grundmasse (72 Vol.%) ist holokristallin und besitzt eine von den übrigen Gesteinen etwas abweichende Struktur. Die Grundmasseplagioklase (20—35% An), Pyroxenmikrolithen und Magnetitkriställchen werden durch einheitlich auslöschende Quarzfelder verkittet. In den Zwickeln der Mikrolithen finden sich Spuren von Sanidin.

Nr. 42. Dazit (verändert). Sheikh-Ahmad-Tal.

Hellgraues Ergußgestein mit etwa 6 mm großen Quarz-Plagioklas- und Biotiteinsprenglingen.

Das megaskopisch scheinbar frische Gestein zeigt unter dem Mikroskop eine starke Zersetzung und Umwandlung.

Die Plagioklaseinsprenglinge, die gern zu Knäueln verwachsen, sind mit Calcit imprägniert. Anorthitgehalt: 28—33%. Die gerundeten Quarzeinsprenglinge zeigen das übliche Bild der Porphyrquarze. Auch vom Biotit kann man nur ab und zu einige

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

ausgebleichte Reste in den von Magnetit umrandeten Chloritpseudomorphosen entdecken. Calcit dringt zwischen die Spaltrisse und drängt die Glimmerblätter auseinander. Der Titangehalt wurde als Titanit ausgeschieden. Nur die Apatiteinschlüsse sind völlig frisch. Noch stärker ist die holokristalline Grundmasse mit Calcit und feinstblättrigem Pennin durchsetzt. Trübe Plagioklasleisten, Quarz und Alkalifeldspat, granophyrisch verwachsen, und limonitisierte Erzkörner beteiligen sich an ihrem Aufbau.

Die folgenden Gesteinsproben aus dem Bazmangebiet sind dem auskristallisierten Mineralbestande nach scheinbar Andesite, in chemischer Beziehung gehören sie zu den Daziten. Es wurde daher der von Lacroix geprägte Name Dazitoid vorgesetzt.

Nr. 29. Dazitoider Hypersthen-Hornblende-Hyaloandesit. Oberhalb Almab.

In einer pechsteinartig glänzenden, rotviolettgrauen Grundmasse schwimmen Einsprenglinge von Plagioklas und von megaskopisch nicht sicher identifizierbaren dunklen Gemengteilen.

Die protoklastischen, häufig korrodierten und angerundeten Plagioklaseinsprenglinge (0,5—1 mm) zeigen einen prächtigen Zonarbau mit einem anorthitreichen Kern und zahlreichen Zonen, deren Anorthitgehalt, nach außen sprunghaft wechselnd, abnimmt. Der Kern und basische Rekurrenzzonen wurden vor Ablagerung anorthitärmerer Zonen korrodiert. Die Albit-Karlsbader Zwillinge besitzen im allgemeinen nur wenige Albitlamellen, von denen ein Großteil als sekundär zu betrachten ist. Vereinzelt wurde das Periklin- und Manebacher Gesetz konstatiert.

Anorthitgehalt: Kern 68%, Hauptmasse 30—35%. Hülle: 27 bis 30%.

Der Hypersthen ist gedrungensäulig, idiomorph. $-2\,V = 69^0$, Pleochroismus: kräftig, rosa bis grünlich. Einschlüsse: Magnetit und Apatit.

Die Hornblende ist braun, meist ohne deutliche Kristallformen. $-2\,V = 66^0$, $c/\gamma = 9^0$, $\alpha = 1{,}682$, $\gamma = 1{,}704$, Pleochroismus: γ = dunkelkaffeebraun, β = braun, α = grünlichgelb.

Titanomagnetit, bisweilen von Apatit durchwachsen, bildet wenige Einsprenglinge. Die Grundmasse ist glasig, im Schliff blaßbräunlich gefärbt (n = 1,496). Durch die lagen- und schlierenhafte Anordnung feinster Erzpartikeln wird ein Fließgefüge mit Stauungserscheinungen und Wirbelbildung im Gesteinsglas abgebildet. Eine Mikrolithengeneration fehlt. Ab und zu trifft man eckige Einschlüsse von andesitischen Fremdgesteinen, die keinerlei magmatische Einwirkungen erkennen lassen.

Vol.%: Grundmasse 74,5%, Einsprenglinge: 21 Plagioklas, 2,3 Pyroxen, 1 Hornblende, 1 Erz. SiO_2-Gehalt = 62,20 Gew.%.

Nr. 27. Dazitoider Hypersthen-Hornblende-Hyaloandesit. Vor Rud.

Rotviolettes, etwas verändertes Gestein mit etwa 2 mm langen Plagioklaseinsprenglingen. Von den dunklen Gemengteilen sind nur Hornblendenadeln erkennbar.

Die protoklastischen Plagioklase zeigen gewöhnlich nur (010) als Kristallbegrenzung, die übrigen Formen sind durch magmatische Korrosion undeutlich. Die Albitzwillingslamellen der Karlsbader Doppelzwillinge sind meist nur an den Kristallenden zahlreich, sie keilen gegen innen rasch aus; nur 2 oder 3 Lamellen durchziehen die Schnitte.

Anorthitgehalt: 30% im Mittel. Kern: 42%, Hülle: 20%.

Hypersthen läßt sich nur mehr aus den idiomorphen Bastitpseudomorphosen erschließen. Relikte fehlen.

Vereinzelte Einsprenglinge einer rotbraunen Hornblende gleichen der in Nr. 38. Nur die Flächen des aufrechten Prismas sind deutlich ausgebildet.

Die Grundmasse ist glasig (n = 1,490), tiefrotbraun gefärbt und zeigt durch die Anordnung des feinverteilten Hämatitstaubes eine Fluidaltextur. Primärer Magnetit, oft von gedrungenen Apatitsäulchen begleitet, ist in Hämatit umgewandelt. Auch in diesem Gestein finden sich Einschlüsse andesitischer Fremdgesteine.

Vol.%: 80 Grundmasse, Einsprenglinge: 18 Plagioklas, 2 Erz, Hornblende und Bastitpseudomorphosen.

Nr. 31. Dazitoider Hornblende-Hypersthen-Andesit. Ziarat.

Rotbraunes, porphyrisches Ergußgestein mit 1,5 cm langen Plagioklas-, Hornblende- und Pyroxeneinsprenglingen.

Die zonaren Plagioklase bilden dicktafelige Albit-Karlsbader Doppelzwillinge mit breiten Zwillingslamellen. Selten tritt das Periklingesetz hinzu. Anorthitgehalt: 42—47%. Der Unterschied im Anorthitgehalt ist in den einzelnen Zonen nur gering. An manchen Kristallen erfolgte nach einer kräftigen Korrosion Abscheidung einer basischen Hülle von etwa 54% An.

Die säuligen, nach (001) quergegliederten Hyperstheneinsprenglinge sind an den Rändern, besonders aber an den Enden, durch Hämatit rostbraun gefärbt. Bemerkenswert sind die durch Hitzewirkung verursachten Änderungen der optischen (wohl

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

auch chemischen) Eigenschaften in der Hülle des Hypersthens. Während der Achsenwinkel —2 V im Kern 65° beträgt, sinkt er kontinuierlich gegen die Hülle zu und erreicht etwa 0,1 mm vom Rand oder von Rissen einwärts 0 Grad. In der äußersten Hülle öffnen sich die Achsen wieder, aber senkrecht zur Hauptzone des Pyroxens bis etwa 30°. Hand in Hand geht eine Änderung der übrigen optischen Eigenschaften, wie Licht- und Doppelbrechung, ganz analog wie sie Seemann (30) an anatolischen Andesiten beobachtete. Besonders auffällig ist der kräftige Pleochroismus der Hülle von Rosabraun bis Grünlichbraun (Tafel 1, Fig. 4).

Die im Schliff intensiv rotbraune Hornblende zeigt gute Kristallbegrenzung und nur geringe Spuren einer magmatischen Resorption. Die Hauptmenge erscheint in einer mikroporphyrischen Generation. Sie verwächst oder umwächst nicht selten den rhombischen Pyroxen.

$c/\gamma = 2^0$, $-2\,V = 72^0$, $\alpha = 1{,}690$, $\gamma - 1{,}714$, $\gamma - \alpha = 0{,}024$.

Pleochroismus: γ = rotbraun, β = gelbbraun, α = grünlichgelb.

Einsprenglinge von Titanomagnetit, manchmal von Apatit durchspießt, sind meist mit Hypersthen verwachsen oder in ihm eingeschlossen.

Die Grundmasse bildet einen dichten, selbst bei starker Vergrößerung nur schwer auflösbaren glasgetränkten Mikrolithenfilz aus Plagioklas (An_{25}—An_{30}), Pyroxen und Hornblende.

Vol.%: 75 Grundmasse. Einsprenglinge: 17,5 Plagioklas, 4 Hypersthen, 2,5 Hornblende, 1 Erz.

Nr. 30. Dazitoider Hornblende-Hypersthen-Andesit. Vor Ziarat.

Das Gestein ist ähnlich dem vorigen, nur sind die Hornblenden völlig in Opazit umgewandelt. Die Hauptmenge derselben findet sich in Form langnadeliger Opazitpseudomorphosen neben Mikrolithen von rhombischen, wenig monoklinen Pyroxen und Plagioklasleisten (An_{25}—An_{30}) in der Grundmasse. Eine farblose Glasbasis verkittet diese Gemengteile. In einzelnen Nestern konnte Tridymit festgestellt werden. Der Anorthitgehalt der Plagioklaseinsprenglinge beträgt 44% im Mittel.

Nr. 32. Hornblende-Hypersthen-Dazit. Ziarat.

In diesem Gestein, das sonst mit den beiden vorher beschriebenen Gesteinen übereinstimmt, trifft man pro Schliff ein oder zwei gerundete, von Sprüngen durchsetzte Quarzeinsprenglinge (d = 0,5 bis 1 mm), die reichlich Glaseinschlüsse führen. Der Anorthitgehalt der schwach oszillierenden Zonen der Plagioklaseinsprenglinge

beträgt 42—47%, in der basischen Hülle 55%. Neben Opazitpseudomorphosen nach Hornblende und vielleicht auch nach Biotit kommen Bastit-Opal-Pseudomorphosen mit Hämatitrand nach rhombischem Pyroxen vor. Zahlreiche, intensiv rotbraune Apatitsäulchen mit kräftigem Pleochroismus (ε = rotbraun, ω = gelbbraun) werden von Magnetiteinsprenglingen umschlossen, finden sich aber auch in der Grundmasse. Der negative Charakter der Längsrichtung und die Einachsigkeit unterscheiden ihn von ähnlich gefärbten Hornblenden und rhombischem Pyroxen. Blaas und Christa haben solche intensiv gefärbte Apatite aus Demawendgesteinen beschrieben (4, 6).

Über die Ursache dieser Färbung ist nichts Sicheres bekannt. Eine Feinpigmentierung durch Hämatit in den Randpartien der Apatitsäulchen, ähnlich wie bei pyrogen verändertem Hypersthen, deutet darauf hin, daß vielleicht ein Fe-Gehalt die Ursache der Färbung ist, wobei Entmischung und Oxydation eine wesentliche Rolle gespielt haben dürften.

Die Grundmasse ist hylopilitisch und besteht aus einem dichten Filz von Plagioklasleisten (An_{25}—An_{30}), Bastitpseudomorphosen mit Hämatitrand nach rhombischem Pyroxen, nadeligen Opazitpseudomorphosen nach Hornblende und einer farblosen, niedrig lichtbrechenden Glasbasis (n = 1,493). Dichte Chlorit-Opal-Aggregate, oft von Calcit begleitet, treten als sekundäre Bildungen an manchen Stellen der Grundmasse auf. Sie dringen auch netzförmig in die Kernpartien der Grundmasseplagioklase.

Nr. 33. Dazitoider Biotit-Hypersthen-Andesit.

Vor Gipfel Kuh-e-Bazman.

In einer hellrötlichbraunen Grundmasse liegen bis 2 mm lange Plagioklaskristalle und rotbraune Pseudomorphosen nach dunklen Gemengteilen.

Neben völlig einschlußfreien Plagioklaseinsprenglingen kommen auch einige mit trüben resorbierten Kernen und klarer Hülle vor. Anorthitgehalt 42—45%. Die Opazitpseudomorphosen (1—5 mm) sind aus Biotit hervorgegangen. Ein Biotitrelikt (einachsig, negativ) von dunkelbrauner Farbe enthält sagenitähnliche Einlagerungen von Ilmenit, parallel den Strahlen der Druckfigur. Größere Erzpseudomorphosen nach Biotit bilden mit meist korrodierten Plagioklaseinsprenglingen knäuelförmige, körnige Aggregate. Die dichten Opazitpseudomorphosen sind zum größten Teil in Hämatit umgewandelt. In den Kernpartien liegen manchmal Magnetitoktaeder, die von einem hellen Hof umgeben sind und wahrscheinlich Spätkristallisationen darstellen. Monokliner Pyroxen

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

fehlt in den Pseudomorphosen. Säulchen von gelbbraunem Apatit, ähnlich wie in Nr. 32, kommen als Einschlüsse vor. Einsprenglinge von Magnetit (1 mm) sind randlich in Hämatit umgewandelt. Hypersthen (— 2 V = 63°) bildet 0,5 mm lange idiomorphe Einsprenglinge.

In der dichten, fast mikrofelsitischen Grundmasse erkennt man Plagioklasmikrolithen, Wachstumsformen von Magnetit und Hämatit, eine glasige Mesostasis (n = 1,49) und Tridymitnester. Sekundäre Calcitinfiltrationen. Vol. %: 75 Grundmasse, 15,5 Plagioklas, 9,5 Mafite.

Nr. 35. Dazitoider Biotit-Hypersthen-Augit-Andesit. Pensareh.

Rötlichgraues Gestein mit 2—3 mm großen Plagioklaseinsprenglingen und rotbraunen Pseudomorphosen nach dunklen Gemengteilen.

Die zonaren Albit-Karlsbader Doppelzwillinge von Plagioklas zeigen idiomorphe Begrenzung, nur wenig Glas- und Grundmasseeinschlüsse und häufig eine sehr schmale basische Hülle. Anorthitgehalt: 45—50%, 60% in der Hülle.

Von den Biotiteinsprenglingen sind nur mehr spärliche Relikte innerhalb der scharf sechsseitig umgrenzten Opazit-Pyroxen-Pseudomorphosen vorhanden. Die Idiomorphie der Pseudomorphosen wird durch die perlschnurartig aneinandergereihten Diopsidkörnchen unterstrichen, während der martitisierte Magnetit mehr in den inneren Teilen konzentriert ist. Der Biotit ist tiefrotbraun, — 2 V = 21°. AE // (010), Pleochroismus: γ = dunkelrotbraun, α = gelbbraun.

Monokliner Pyroxen tritt auch selbständig als Einsprengling auf und bildet Zwillinge nach (100). + 2 V = 58°, c/γ = 40°.

Hypersthen ist nur mehr an seinen Bastit-Opal-Pseudomorphosen (0,3 × 0,05 mm) erkennbar. Primäre, von farblosem Apatit durchwachsene Magnetiteinsprenglinge sind randlich in Hämatit umgewandelt.

Die Grundmasse besteht aus Plagioklasleisten (An_{20} bis An_{35}) wechselnder Größe und nur wenig Glas (n = 1,490). In Poren ist chalzedonähnlicher Quarz auskristallisiert.

Nr. 39. Dazitoider Biotit-Hornblende-Hypersthen-Andesit. Senib.

Graubraunes, porphyrisches Gestein mit 1—3 mm großen Einsprenglingen von Plagioklas und dunklen Gemengteilen.

Die Plagiosklaseinsprenglinge gleichen denen der vorher beschriebenen Gesteinstypen. Neben einschlußfreien, zahlreiche mit

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Glas- und Grundmasseeinschlüssen. Anorthitgehalt: 42% im Durchschnitt, basische Hülle der korrodierten Individuen: 65%, im Kern: 33—38%. Der Biotit ist fast vollständig in locker gefügte Opazithaufen zerfallen, in denen man manchmal Diopsidkörnchen und farblose, gedrungene Apatitkriställchen mit strichförmigen Einschlüssen // z finden kann. Hornblende ist ebenfalls nur mehr in Form dichter Opazitpseudomorphosen vorhanden, rhombischer Pyroxen in Bastit und Opal umgewandelt.

Die Grundmasse ist hyalopilitisch. Zwischen den fluidal angeordneten, gegabelten Plagioklasleisten (An_{25}—An_{30}) Erzpseudomorphosen nach femischen Gemengteilen und Magnetitkörnchen trifft man eine Glasbasis (n = 1,492). Besonders auffällig in dieser Grundmasse sind runde Poren mit Tridymit.

Nr. 14. Pyroxenandesit. Giran Rig.

Dunkelgraues bis schwarzes, mattglänzendes Gestein mit Einsprenglingen von Plagioklas und Pyroxen. Sp. G. = 2,73.

Struktur: Hypokristallin-porphyrisch.

Die Plagioklaseinsprenglinge (bis 1 mm lang) sind in ihren Dimensionen mit den Grundmasseplagioklasen durch alle Übergänge verbunden. Albit-Karlsbader Zwillinge herrschen vor. Durchkreuzungen einzelner Zwillingsstöcke unter 60° oder 90° sowie knäuelförmige Verwachsungen sind nicht selten. Einige enthalten im Kern Glaseinschlüsse. Der Zonarbau ist normal, mit kontinuierlichem Verlauf der Auslöschung vom Kern zur Hülle und geringem Unterschied im Anorthitgehalt. Dieser beträgt 56—63% im Mittel.

Der monokline Pyroxen bildet gerne glomeroporphyrische Verwachsungen. Zwillinge nach (100). $c/\gamma = 43°$, $+ 2 V = 53°$, $\beta = 1{,}695$, $Wo_{44}En_{37}Fs_{19}$.

Der säulige rhombische Pyroxen (0,7 × 0,3 mm) ist ein zonar gebauter Bronzit. $-2 V = 82°$—$85°$ (Kern), 68°—72° (Hülle).

Der Pleochroismus von braunrosa bis grünlich ist gerade noch wahrnehmbar.

Vereinzelt trifft man, namentlich in den Pyroxenknäueln, Iddingsitpseudomorphosen nach Olivin. Relikte dieses Minerals ergaben $+ 2 V = 89°$.

Titanhältiger Magnetit findet sich in Form von Oktaedern als Einschluß in den Einsprenglingen, hauptsächlich aber in der Grundmasse.

Die dichte, hyalopilitische Grundmasse besteht aus einer schwarzbraun gefleckten Glasbasis (n = 1,506), in der zahllose

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

nadelige Pyroxenmikrolithen, Plagioklasleisten und Magnetitkriställchen eingebettet liegen.

Da eine Klassifikation des Gesteins auf Grund des Mineralbestandes unmöglich war, wurde es chemisch analysiert.

Nr. 16. Hornblende-Augit-Hypersthen-Andesit. Sar Naran.

In dem grauen, etwas porösen Gestein erkennt man millimetergroße Plagioklas- und Pyroxeneinsprenglinge.

Die Plagioglaseinsprenglinge enthalten zahlreiche Glaseinschlüsse. Zu den üblichen Zwillingsgesetzen tritt bisweilen das Bavenoer Gesetz hinzu. Anorthitgehalt 52—65%, in einer basischen Rekurrenzzone: 79%.

Der idiomorphe Hypersthen ist zonar mit einem eisenreicheren Kern. $-2\,V = 61^0$ (Kern), 70^0 (Hülle), etwa 25 Mol.% Fe″. Er wird begleitet von einem diopsidischen Augit. $c/\gamma = 41{,}5^0 + 2\,V = 55^0$. Die braune, kräftig pleochroitische Hornblende (0,5 × 0,15 mm) wird von einem Opazitsaum aus Magnetit und Augitkörnchen umgeben. Zwillinge nach (100). $c/\gamma = 10^0$, $-2\,V = 78^0$, $\alpha = 1{,}683$, $\gamma = 1{,}708$.

Pleochroismus: γ = dunkelkaffeebraun, β = hellbraun, α = holzgelb.

Manchmal verwachsen Hornblende und Plagioklas poikilitisch, was auf annähernd gleichzeitige Kristallisation hindeutet. Auch titanhältiger Magnetit, von Apatitsäulchen durchspießt, tritt einsprenglingsartig auf.

Die Grundmasse besteht aus Plagioklasleisten (40 bis 50% An), Pyroxenmikrolithen und Magnetitoktaedern in einer farblosen Glasbasis ($n = 1{,}500$). In einem Schliff fand sich ein Einschluß aus einem Korngemenge von Olivin ($+2\,V = 89^0$) und Plagioklas (An_{80} bis An_{50}), der eine Frühausscheidung des Magmas darstellt.

Vol.%: Einsprenglinge: 13,5 Plagioklas, 7,8 Hornblende, 1,7 rhomb. Pyroxen, 0,6 mon. Pyroxen, 0,7 Magnetit, 75,7 Grundmasse.

Nr. 17. Augit-Hypersthen-Andesit. Deh Zigh.

In einer pechsteinartig glänzenden, schwarzen Grundmasse liegen bis 2 mm lange Plagioklaskriställchen und bis 1 mm große Säulchen von rhombischem Pyroxen.

Die nach x gestreckten und nach (010) flachtafeligen Albit-Karlsbader Doppelzwillinge der Einsprenglingsplagioklase zeigen normalen Zonarbau und deutliche Kristallformen.

Anorthitgehalt: 75% im Kern, 60% in der Hülle. Alle Einsprenglinge enthalten zahlreiche Einschlüsse von braunem Gesteinsglas, oft in zonarer Anordnung parallel den Kristallflächen. Bisweilen wird auch Pyroxen miteingeschlossen. Dieser bildet mit den Plagioklaseinsprenglingen häufig glomeroporphyrische Knäuel.

Der monokline Pyroxen ist, sofern er nicht mit Plagioklas verwächst, idiomorph. Zwillingsbildung nach (100) mit eingeschalteten Lamellen. $c/\gamma = 41^0$, $+2V = 50^0$, $\beta = 1{,}696$, $Wo_{44}En_{40}Fs_{16}$.

Hypersthen mit den Formen {100}, {010}, {110} und {122}, unverzwillingt, trifft man nur in 3 oder 4 Individuen pro Schliff. Vereinzelt Umwachsungen durch monoklinen Pyroxen.

$-2V = 62^0$ (Kern), 71^0 (Hülle), entsprechen etwa 25 Mol.% Fe″.

Einsprenglinge von titanhältigem Magnetit erreichen eine Größe von höchstens 0,2 mm. Die Oktaeder erscheinen oft etwas gerundet und werden oft von den Pyroxenen umschlossen.

Die hylopilitische Grundmasse besteht aus einer globulitisch gekörnelten bräunlichen Glasbasis ($n = 1{,}502$), in der ein dichter Filz von Plagioklas-, Pyroxenmikrolithen und Magnetitkriställchen eingebettet ist.

Vol.%: 71,5 Grundmasse, Einsprenglinge: 22 Plagioklas, 5 Pyroxen, 1,5 Magnetit. Sp. G. = 2,69.

Nr. 38. Biotit-Hornblende-Hypersthen-Augitandesit. Narad Tal.

Rotbraunes porphyrisches Gestein mit zentimetergroßen Plagioklaseinsprenglingen. Die wesentlichen kleineren femischen Gemengteile sind mit freiem Auge kaum erkennbar.

Neben einschlußarmen und -freien Einsprenglingsplagioklasen kommen Xenokristalle vor, die mit Ausnahme einer basischen Hülle völlig mit Glas- und Grundmasseeinschlüssen vollgepfropft sind. Ebenso wie die Grundmasse sind auch diese Einschlüsse durch feinverteilten Hämatit rot gefärbt. Die Anordnung der Erzpartikel folgt gern den Spaltrissen und Zwillingsgrenzen des Plagioklases. Selten läßt sich auch Hornblende mit lappigen Umrissen unter den Einschlüssen feststellen. In einigen Fällen blieben in den Kernpartien der korrodierten Xenokristalle unversehrte Reste mit einem Anorthitgehalt von 32% erhalten. Der Anorthitgehalt der übrigen Plagioklase beträgt 38—45%. Die Unterschiede in den oszillierenden Zonen sind gering. In der basischen Hülle der Xenokristalle steigt der Anorthitgehalt auf 65—70%.

Außer Albit- und Karlsbader Zwillingen waren auch solche nach dem Manebacher Gesetz festzustellen.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Die rotbraune Hornblende bildet idiomorphe säulige bis nadelige Kristalle (0,5—1 mm lang). Der schmale Opazitsaum ist in Hämatit umgewandelt. Häufig verwächst die Hornblende mit den Plagioklaseinsprenglingen und bildet mit diesen knäuelförmige Aggregate. $c/\gamma = 2^0$, $-2\,V = 75^0$, $\alpha = 1{,}685$, $\gamma = 1{,}713$.

Dispersion der beiden Achsen: $\varrho \gg \nu$, Dispersion der Auslöschungsschiefe: $c/\gamma_\varrho > c/\gamma_\nu$.

Der Hypersthen zeigt ebenfalls gute Kristallbegrenzung und Zwillingsbildung nach (011). Größe etwa 0,1 mm. Er wird von einem verhältnismäßig breiten Hämatitrand umgeben. $-2\,V = 60^0$. Pleochroismus deutlich: blaßrosabraun bis grünlich.

Der rotbraune Biotit weist nur geringe Spuren einer magmatischen Korrosion auf. Einachsig, negativ, $\gamma = \beta = 1{,}664$. Verwachsungen mit Plagioklas, wobei sich (001) des Glimmers und (010) des Feldspates aneinanderlegen, oder auch mit Hornblende kommen vor.

Monokliner Pyroxen ist meist nur in Kornaggregaten, selten mit deutlichen Kristallformen, vorhanden. Farbe, wahrscheinlich durch Hitzewirkung, schwach braungrün. Zwillinge nach (100). $+2\,V = 54^0$, $c/\gamma = 43^0$.

Einsprenglinge von Titanomagnetit sind vollständig in Hämatit umgewandelt.

Die sehr dichte Grundmasse besteht aus einem erzdurchstäubten Mikrolithenfilz feinster Plagioklasleisten, Pyroxen und Hornblendenadeln, der durch eine farblose Glasbasis ($n = 1{,}493$) verkittet wird. Die Rotfärbung der Grundmasse ist auf eine postvulkanische Oxydation der femischen Gemengteile zurückzuführen. Die Ausscheidungsfolge der Einsprenglinge in diesem Gestein: rhombischer Pyroxen—monokliner Pyroxen—Hornblende—Biotit liefert ein Beispiel für das Bowensche Reaktionsprinzip.

Vol.%: 71,5 Grundmasse, Einsprenglinge: 18 Plagioklas, 8 Hornblende, 1 Biotit, 0,8 Pyroxen, 0,7 Erz.

SiO_2-Gehalt = 56,61 Gew.%.

Nr. 1. Uralidiabas. Tenne in den Sanden hinter Baločāb.

Schiefergraues dichtes Gestein, mit Wüstenlack überzogen. Mineralbestand: Plagioklas, uralitische Hornblende, Titanit, Epidot, Magnetit, Apatit.

Die Hornblende bildet dunkelgrüne Flecken (d = 0,1 mm) in den Zwickeln der divergentstrahlig angeordneten Plagioklasleisten. Längsschnitte verraten durch ihre randliche und terminale

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Zerfaserung sowie durch die undulöse Auslöschung den Aufbau aus dicht gedrängten, parallel z orientierten Einzelkristallen. Querschnitte lassen die Hornblendespaltbarkeit erkennen. $c/\gamma = 16{,}5^0$, $-2\,V = 70^0$, $\gamma - \alpha = 0{,}021$, $\gamma'_{(110)} = 1{,}657$, Pleochroismus: dunkelgrün bis blaßgrün. Reliktischer Pyroxen fehlt. Bei der Uralitisierung wurde Titanit in Körnern ausgeschieden, der hie und da von Epidot begleitet wird.

Der Plagioklas (Größe: 0,3 × 0,04 mm) ist völlig unverändert. Die mittlere Zusammensetzung der nur wenig lamellierten Albit-Karlbader Zwillinge, mit oder ohne Periklinlamellen, entspricht einem Oligoklas-Andesin von 30—40% An.

Ein anderer Diabas vom gleichen Fundort ist ebenfalls dunkelgraugrün und feinkörnig.

Das Mikroskop zeigt ein typisch intersertales bis ophitisches Strukturbild. Die langen Plagioklasleisten (0,1 × 1 mm) sind nach dem Albit- und Karlsbader Gesetz verzwillingt und besonders in den Kernen albitisiert (3% An). Zwischen den Leisten liegen grüne (0,1—0,2 mm) Flecken aus dichten Penninaggregaten, die kaum auf das polarisierte Licht wirken. Bei stärkster Vergrößerung bemerkt man in manchen dieser Chloritflecken Feldspatmikrolithen. Es handelt sich wohl um eine umgewandelte Mesostasis. Reichlich vorhanden ist Ilmenit in charakteristischen Wachstumsformen, die oft von braunen Leukoxenwolken umgeben sind. Gleichzeitig mit Plagioklas kristallisierte monokliner Pyroxen in langsäuligen Körnern (1 × 0,1 mm). Er ist schwach bräunlichviolett, ohne Sanduhrbau, bisweilen mit einer Absonderung nach (100). Beginnende Umwandlung in Chlorit. $c/\gamma = 45{,}5^0$, $+2\,V = 52^0$, $\beta = 1{,}713$, $Wo_{41}En_{25}Fs_{34}$.

Mandelräume des Gesteins sind von Chlorit- oder Chalzedonsphärolithen erfüllt.

Ein drittes hellgrüngraues Gestein vom gleichen Fundort ist ein stark verkieselter Porphyrit. Die Plagioklaseinsprenglinge (0,3—0,6 mm) sind durch Serizit, Chlorit und Epidot, die sich besonders in den Kernen, Spaltrissen und Rekurrenzzonen angesiedelt haben, stark getrübt. Die Oligoklas-Albite sind nach dem Albit- und Karlsbader Gesetz verzwillingt und gern zu Knäueln verwachsen. Die ehemaligen Pyroxene sind völlig in Chlorit, Kalzit, Epidot und Titanit umgewandelt. Die Grundmasse besteht aus fluidal angeordneten Plagioklasleisten (15—20% An), Chloritpseudomorphosen nach femischen Gemengteilen und Magnetit. Sekundäre Quarz- und Chalzedonadern durchziehen die Grundmasse nach allen Richtungen. Dadurch wird der Eindruck einer falschen Brekzie hervorgerufen.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Nr. 8. Uralitporphyrit. Hinter Lager I in der Lut.

Dunkelgraugrünes Gestein mit millimetergroßen Plagioklaseinsprenglingen.

Der Anorthitgehalt der verhältnismäßig noch gut erhaltenen, zonaren Plagioklaseinsprenglinge (1 × 0,3 mm) beträgt 72% im Kern, 42% in der Hülle. Rundliche Pseudomorphosen nach Pyroxen bestehen aus einem wirrfaserigen Aggregat einer grünen uralitischen Hornblende ($c/\gamma = 16^0$, $-2\,V = 82^0$). Die Grundmasse ist holokristallin und besteht aus zonarem Plagioklas (30 bis 40% An), Mikrolithen von diopsidischem Augit, die ebenfalls zum größten Teil uralitisiert sind, und in Hämatit und Leukoxen umgewandeltem Titanomagnetit. Sekundärer, eisenreicher Epidot ist unregelmäßig im Gestein verteilt.

Nr. 15. Porphyrit. Hinter Giran Rig.

Mattgraugrünes porphyrisches Gestein mit 0,5—1 mm langen Plagioklasleisten und hellgrünen Pseudomorphosen nach dunklen Gemengteilen.

Die Albit-Karlsbader Zwillingsstöcke sind weitgehend albitisiert. Die Oligoklas-Albit-Substanz (15% An) umschließt noch einzelne Inseln des ursprünglichen stärker licht- und doppelbrechenden Plagioklases (54% An). Pseudomorphosen nach monoklinem Pyroxen sind vollständig in rosettenförmige Chloritaggregate umgewandelt. Die Grundmasse besteht aus gut idiomorphen Plagioklasleisten, die in einer entglasten Basis schwimmen. Die globulitische Körnelung ist noch deutlich erkennbar. Verbreitet ist Magnetit in Kriställchen und Körnern, zum Teil in Hämatit umgewandelt. Aus dem Gesteinsglase hat sich sekundär blaßgrüner Chlorit und Quarz (Chalzedon) gebildet.

Nr. 6. Basalt. Letzter Hügel hinter Gerr-e-Safid.

In dem rotbraunen porösen Gestein sind megaskopisch nur vereinzelte Pyroxen- und Iddingsiteinsprenglinge erkennbar. Hohlräume sind von Kalzit erfüllt.

Der Schliff zeigt fluidal angeordnete Plagioklasleisten (0,15 × 0,03 mm), meist Karlsbader Zwillinge mit wenigen (2—3) sekundären auskeilenden Albitlamellen und normalem Zonarbau ohne Rekurrenzen. Kern: 64—68% An, Hülle: 45—52% An.

Der monokline Pyroxen ist ein diopsidischer Augit: $c/\gamma = 44^0$, $+2\,V = 53^0$, $\beta = 1{,}695$, $\gamma - \alpha = 0{,}026$, $Wo_{44}En_{37}Fs_{19}$.

Die Größe variiert von Mikrolithen bis zu Einsprenglingen (0,6 mm), die oft zu Knäueln verwachsen. Zwillinge nach (100). Der Pyroxen umschließt gern idiomorphe Iddingsitpseudomorphosen

nach Olivin mit den Formen: {100}, {010}, {001}, {110}, {021}. Olivinreste in den Pseudomorphosen sind optisch positiv, $+2\,V = 87^0$. Der intensiv rotbraune Iddingsit ($-2\,V = 25^0$) ist noch in Kleinformen neben den Pyroxenmikrolithen zu finden. Größere Magnetitoktaeder sind in Hämatit (Martit) umgewandelt. Die glasige Grundmasse ist im Schliff rotbraun gefleckt und globulitisch gekörnelt. Lichtbrechung 1,505. Die Rotfärbung des Gesteins ist auf postvulkanische Einwirkung heißer Gase und Dämpfe zurückzuführen. Vol.%: 67 Grundmasse, 20 Plagioklas, 8 Pyroxen und Olivin, 5 Erz. SiO_2-Gehalt = 52,53 Gew.%.

Nr. 12. Hypersthenbasalt. Vor Chah Kambar.

Dunkelgraues bis schwarzes mattglänzendes porphyrisches Gestein mit winzigen Plagioklasleisten und rotbraunen Iddingsitpseudomorphosen als Einsprenglingen.

Die zonaren Plagioklase (Größe: 0,7 × 0,02 mm und kleiner) sind anorthitreich: Kern: 80—84% An, Hülle: 56% An, Hauptmasse 68—71% An.

Unter den Zwillingsgesetzen herrscht eine größere Mannigfaltigkeit dadurch, daß neben dem Albit-Karlsbader Gesetz noch das Bavenoer, Manebacher und Manebach-Ala-Gesetz auftreten.

Der Olivin ist idiomorph (Größe: 1 × 0,4 mm, meist 0,2 mm) und durch die Formen {010}, {110}, {011}, {100}, {001}, {021} begrenzt. $+2\,V = 89^0$. Vom Rande her oder von Spaltrissen ausgehend, wird er in rotbraunen Iddingsit umgewandelt: Optisch negativ, $-2\,V = 15^0$.

Der Hypersthen bildet schlanke, achtseitige Säulchen. $-2\,V = 72^0$. ∾ 20 Mol.% Fe″. Er wird gern von diopsidischem Augit umwachsen. $+2\,V = 55^0$, $c/\gamma = 41^0$, $\beta = 1{,}690$, $Wo_{47}En_{39}Fs_{14}$.

Pyroxene und Plagioklase zeigen in ihren Größenverhältnissen alle Übergänge von Einsprenglingen zur Mikrolithengeneration der Grundmasse. Diese besteht aus einer schwarzbraunen, durch Erz pigmentierten Glasbasis (Lichtbrechung: 1,500), die um größere scharf begrenzte Magnetitoktaeder aufgehellt erscheint. Der Magnetit ist auf Kosten der Erzglobuliten weitergewachsen. Becke (2) hat bereits diese Erscheinung aus den Andesiten von Alboran beschrieben.

SiO_2-Gehalt des Gesteins = 53,23 Gew.-%.

Nr. 20. Hypersthenbasalt. Bei Ghuk-e-Shamal.

Rötlichbraunes porphyrisches Gestein mit 1—2 mm großen Plagioklas- und Pyroxeneinsprenglingen.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Plagioklas: Kern: 86—95% An, Hülle: 55—60% An. Der Zonarbau ist normal mit wenigen basischen Rekurrenzzonen, die häufig durch Glas- und Grundmasseeinschlüsse markiert sind. Es treten die üblichen Zwillingsgesetze auf. Die Einsprenglinge von Hypersthen (1—2 mm lang, 0,5 mm breit) sind zonar und deutlich pleochroitisch (α = rosa, γ = grünlich). —2 V = 58° (Kern), 72° (Hülle). ∾ 25 Mol.-% Fe″. Auf Spaltrissen ist rotbrauner Hämatit ausgeschieden, im Innern der Kristalle findet man Magnetiteinschlüsse, die randlich martitisiert sind. Der Hypersthen umschließt manchmal rotbraune Iddingsitpseudomorphosen nach Olivin. Der Iddingsit ist schwach zweiachsig, negativ. Monokliner Pyroxen bildet Zwillinge nach (100). + 2 V = 48° (Kern), 54° (Hülle). Die Grundmasse ist durch Hämatitkriställchen und -körnchen intensiv rotbraun gefärbt und nur an dünnsten Stellen durchsichtig. Durch den rötlichen Schleier bemerkt man fluidal angeordnete Plagioklas-, Erz- und Pyroxenmikrolithen in einer Glasbasis (n = 1,51).

Vol.%: 63,5 Grundmasse, 32,4 Plagioklas, 2,4 mon. Pyroxen, 1,7 Hypersthen. SiO_2-Gehalt = 53,20 Gew.%.

In einem Gestein vom gleichen Fundorte sind in den Iddingsitpseudomorphosen noch Olivinreste (2 V = 90°) erhalten. Monokliner Pyroxen tritt etwas häufiger auf und umschließt bisweilen den rhombischen Pyroxen in paralleler Verwachsung. Er zeigt nur dort deutliche Kristallformen, wo er mit der Grundmasse in Berührung kommt; mit Plagioklas verwächst er unregelmäßig. Die Grundmasse erscheint als schwarzbraune durch Erzpartikel globulitisch gekörnelte Glasbasis zwischen den divergent-strahlig angeordneten Plagioklasleisten.

Nr. 19. Basalt. Ghuk-e-Shamal.

In dem dunkelgrauen bis schwarzen Gestein sind mit freiem Auge Plagioklas, Pyroxen und Olivinpseudomorphosen erkennbar.

Unter dem Mikroskop zeigt das Gestein ein Intersertal- bis Ophitgefüge. Die Plagioklasleisten (0,5—1,5 mm lang) sind zonare Albit-Karlsbader Zwillinge. Kern: 70—75% An, Hülle: 45—50% An. Der monokline Pyroxen bildet häufig knäuelige Aggregate. $c/\gamma = 41°$, $+2\,V = 50°$, $\beta = 1{,}710$, $Wo_{39}En_{29}Fs_{32}$.

Die idiomorphen Olivinpseudomorphosen (0,5 mm) sind manchmal von einem Kranz aus monoklinen Pyroxenkörnern umgeben und zeigen zwei verschieden alte Umwandlungen: eine ältere führte zu einer randlichen Iddingsitbildung, eine jüngere zur Serpentinisierung der inneren Partien der Olivine. Hypersthen (2 V = 61°) wurde nur einmal im Kern eines diopsidischen

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Augites beobachtet. Oktaeder von Titanomagnetit werden vom Rande her martitisiert. Ähnlich wie bei den Tholeiiten, bleibt die glasige Grundmasse auf die Zwickel zwischen den übrigen Gemengteilen beschränkt. Sie ist bräunlich (n = 1,51), globulitisch gekörnelt und enthält Plagioklas- und Pyroxenmikrolithen.

Vol.%: 80 Plagioklas, 6 Pyroxen, 1 Olivin, 2 Erz, 11 Grundmasse. SiO_2-Gehalt = 52,94 Gew.%.

Nr. 13. Basalt. Paß hinter Chah Kambar.

Grauviolettes porphyrisches Gestein mit zahlreichen millimetergroßen Iddingsitpseudomorphosen in einer dichten Grundmasse.

Die rotbraunen Iddingsite zeigen die charakteristischen, terminal gegabelten Wachstumsformen des Olivins, von dem jedoch Relikte fehlen. Sie werden häufig von Kornaggregaten eines monoklinen Pyroxens umkränzt. Dieser ist gedrungensäulig, ohne deutliche Kristallform, blaßgelblichgrün. $c/\gamma = 43^0$, $\gamma - \alpha = 0{,}026$, $+ 2\,V = 53^0$, $\beta = 1{,}708$, $Wo_{43}En_{26}Fs_{31}$.

Die Hauptmasse des Gesteins besteht aus zierlichen Plagioklasleistchen (bis 0,3 mm lang und 0,03 mm breit), die sich in fluidaler Anordnung um die dunklen Gemengteile winden. Kern: 66% An, Hülle: 38% An. Zwischen den Plagioklasmikrolithen beobachtet man eine farblose Glasbasis (n = 1,508), sehr selten Apatit in kurzen Säulchen.

Vol.%: 55 Plagioklas, 33 Pyroxen, 11 Olivin, 1 Glas. SiO_2-Gehalt = 50,17 Gew.%.

Chemismus.

Eine petrologische Klassifikation glasführender Vulkanite auf Grund des Mineralbestandes läßt sich nur dann annähernd durchführen, wenn die Menge des Gesteinsglases ein gewisses Maß nicht überschreitet oder die Feinkörnigkeit der Grundmassen nicht soweit heruntersinkt, daß eine mikroskopische Analyse der Mineralphasen unmöglich wird. Dazu kommt als weitere Schwierigkeit die Erscheinung der Heteromorphie (Lacroix), das heißt die Ausbildung verschiedener Mineralkombinationen bei gleichem Chemismus der Schmelze, je nach den verschiedenen ptx-Bedingungen. Da es sich bei den untersuchten Ergußgesteinen meist um rasch erstarrte Laven handelt, war es manchmal notwendig, mit Hilfe von chemischen Partialanalysen die Gesteinsbezeichnung festzulegen. Außerdem wurden einige frische Gesteinsproben, die nur geringe postmagmatische Veränderungen (Opazitisierung usw.) aufwiesen, für chemische Analysen ausgewählt. Die Werte der Gewichtsprozente beziehen sich auf das bei 110° getrocknete Gesteinspulver.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Nr. 34. Dazit. Bazman-Gipfel (S. 634).

Gew. %		Atom-proport × 10.000	Kation.-%	Molekular-norm		Projektionswerte nach Niggli		Projektionswerte nach Köhler-Raaz	
SiO_2	66,57	11084	62,40	Q.	21,70	alk	22,0	qz	47,6
TiO_2	1,25	157	0,88	Or	17,05	al	36,6	F	34,6
Al_2O_3	15,22	2986	16,85	Ab	33,55	fm	23,4	fm	17,8
Fe_2O_3	1,40	176	0,99	An	16,82	c	18,0	F-fm	17
FeO	2,92	407	2,30	Wo	1,58	k.	0,34	or	25,3
MnO	0,10	14	0,08	En.	4,02	mg	0,37	ab	49,8
MgO	1,44	357	2,01	Fs	1,86	si.	273	an	24,9
CaO	4,11	736	4,15	Mt	1,48	si'	188	Normplagio-klas.	33,4% An.
SrO	0,03	3	0,02	Ilm	1,76	qz	85		
P_2O_5	0,10	14	0,08	Ap	0,21	Magmatypus: granodio-ritisch.			
K_2O	2,84	604	3,41						
Na_2O	3,69	1190							
H_2O^{+110}	0,68	17728							
	100,35								

Nr. 43. Dazit. Kuh Garoh (S. 635).

Gew. %		Atom-proport. × 10.000	Kation.-%	Molekular-norm		Projektionswerte nach Niggli		Projektionswerte nach Köhler-Raaz	
SiO_2	61,37	10218	57,50	Q.	13,30	alk	18,2	qz	29,7
TiO_2	0,59	74	0,41	Or	15,10	al	34,2	F	43,6
Al_2O_3	17,06	3348	18,84	Ab	35,00	fm.	27,3	fm	26,7
Fe_2O_3	2,47	310	1,75	An	22,05	c	20,3	F-fm	16,9
FeO	3,06	426	2,40	Wo	1,76	k.	0,30	or	21
MnO	0,07	10	0,06	En.	6.62	mg	0,44	ab	48,4
MgO	2,37	588	3,31	Fs.	2,26	si	209	an	30,6
CaO	5,52	984	5,54	Mt	2,62	si'	173	Normplagio-klas.	38,7% An.
SrO	0,04	4	0,02	Ilm	0,80	qz.	36		
P_2O_5	0,19	26	0,15	Ap	0,40	Magmatypus: quarzdio-ritisch.			
K_2O	2,53	538	3,02						
Na_2O	3,85	1242	7,00						
H_2O^{+110}	1,22	17768							
	100,34								

Nr. 17. Augit-Hypersthen-Andesit. Deh Zigh (S. 644).

Gew. %		Atom-proport. × 10.000	Kation.-%	Molekular-norm		Projektionswerte nach Niggli		Projektionswerte nach Köhler-Raaz	
SiO_2	58,76	9784	54,69	Q	6,44	alk	17,0	qz	11,7
TiO_2	0,74	93	0,52	Or	14,05	al	30,8	F	48,3
Al_2O_3	16,98	3332	18,62	Ab	37,40	fm	29,8	fm	40,0
Fe_2O_3	2,37	296	1,65	An	25,72	c	22,4	F-fm	8,3
FeO	3,90	543	3,04	Wo	3,00	k	0,27	or	19,4
MnO	0,08	11	0,06	En	8,48	mg	0,47	ab	51,7
MgO	3,06	759	4,24	Fs	2,70	si	180	an	28,9
CaO	6,81	1214	6,79	Mt.	2,48	si'	168	Normplagio-klas.	36% An.
SrO	0,03	3	0,01	Ilm	1,04	qz	12		
P_2O_5	0,11	16	0,09	Ap	0,24	Magmatypus: quarzdio-ritisch.			
K_2O	2,36	502	2,81						
Na_2O	4,15	1338	7,48						
$H_2O_+^{110}$	1,08	17891							
	100,43								

Nr. 14. Pyroxenandesit. Giran Rig (S. 643).

Gew. %		Atom-proport. × 10.000	Kation.-%	Molekular-norm		Projektionswerte nach Niggli		Projektionswerte nach Köhler-Raaz	
SiO_2	56,65	9432	53,02	Q.	7,37	alk	14,5	qz	3,7
Tio_2	1,35	169	0,95	Or	12,55	al	28,0	F	46,0
Al_2O_3	16,34	3206	18,02	Ab	33,65	fm	36,0	fm	50,3
Fe_2O_3	3,20	404	2,27	An	21,45	c	21,5	F-fm	-4,3
FeO	4,54	632	3,55	Wo	5,22	k	0.27	or	18,3
MnO	0,11	16	0,09	En	11,34	mg	0,49	ab	50,4
MgO	4,07	1009	5,67	Fs	2,94	si	164,8	an	31,3
CaO	6,88	1227	6,90	Mt.	3,41	si'	158	Normplagio-klas.	38,4% An.
SrO	0,03	3	0,01	Ilm	1,90	qz	6,8		
P_2O_5	0,10	14	0,08	Ap	0,21	Magmatypus: dioritisch.			
K_2O	2,10	446	2,51						
Na_2O	3,82	1232	6,93						
H_2O^{+110}	0,80	17790							
	99,99								

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Aus diesen Daten sowie aus der Projektion der Gesteinsanalysen (Abb. 7) nach Köhler-Raaz geht klar hervor, daß es sich bei den analysierten Proben um typische Vertreter der Alkalikalkreihe handelt.

Wenn wir uns bei den Vergleichen auf Vulkanite des mediterranen Orogens (5) beschränken, so finden wir Gesteine von ähnlichem Chemismus in den verhältnismäßig petrographisch gut untersuchten Karpaten oder in dem unseren Gesteinen geographisch näherliegenden Kaukasus. Das Gipfelgestein des Bazman Nr. 34 besitzt eine ähnliche chemische Zusammensetzung wie der Pyroxendazit von Tokaj in Ungarn (38) oder wie manche Dazite des Elbrus (Burri-Niggli, Tabelle 140, Nr. 38). Der Kaligehalt steckt, wie zumeist in diesen Gesteinen, im Gesteinsglas, zum Teil auch im Biotit. In der Projektion fällt der Pol in der Nähe des Dazitmittels nach Daly. Die genaue Gesteinsbezeichnung wäre granodioritischer Pyroxen-Hornblendehyalodazit. Tröger (37) bezeichnet Dazite von granodioritischer Zusammensetzung als Trachydazite. Der Dazit Nr. 43 von quarzdioritischem bis granodioritischem Chemismus gleicht manchen Daziten des Kasbek B.-N. Tab. 140, Nr. 16, 17). Die hohen mg-Zahlen sind durch den Gehalt an rhombischem, monoklinem Pyroxen, Hornblende und Biotit verständlich. In der Projektion nähert sich der Pol dem Andesitmittel Dalys, welches eigentlich einem quarzdioritischen

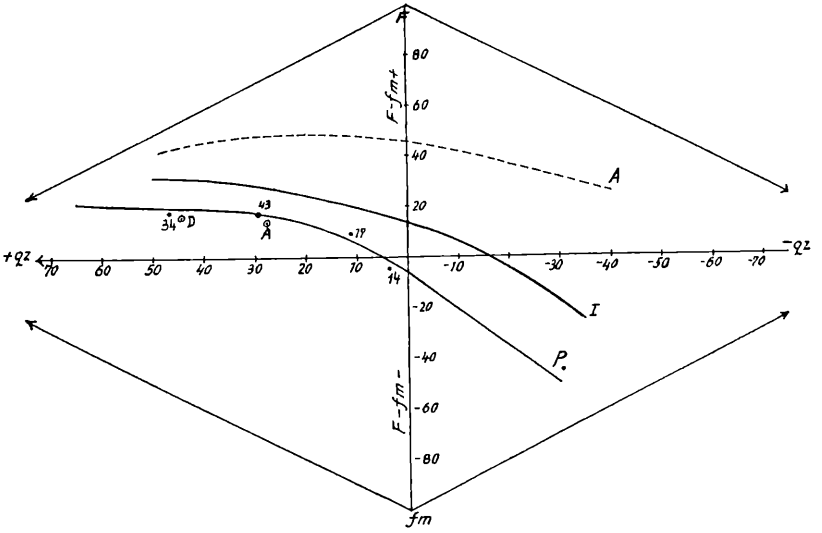

Abb. 7.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Magmatypus (Niggli) entspricht. die Quarzeinsprenglinge in Nr. 43 sind manchmal von einem Porricinsaum umgeben und führen Xenokristalle von Plagioklas. Wahrscheinlich sind die Einsprenglingsquarze als Fremdlinge zu deuten. Der Normplagioklas ist etwas basischer als bei normalen Daziten. Einen ähnlichen quarzdioritischen Chemismus besitzen auch die Gesteine des 2800 m hohen Kuh-e-Shah Sawaran. Von den beiden Pyroxenandesiten entspricht nur Nr. 14 einem dioritischen Magma. Trotz eines normativen Quarzgehaltes führt er Olivin als Einsprengling. Diese Erscheinung ist bei sauren und intermediären Vulkaniten nicht selten zu beobachten. Vendl (38) beschrieb einen olivinführenden Hypersthendazit von Bujak im Cserhatgebirge, Ungarn. Auch in manchen Daziten des Shah Sawaran kommt neben Quarz Olivin vor. Dieses Verhalten steht scheinbar im Widerspruch mit den Erfahrungen an künstlichen Silikatschmelzen (Bowen und Schairer). Wahrscheinlich handelt es sich bei diesen Gesteinen um Vermengungen verschieden zusammengesetzter Schmelzanteile, wobei aus irgendwelchen Gründen die Resorption einer der beiden unverträglichen Komponenten unterblieb.

Ob die untersuchten Vulkanite Differentiate eines ursprünglich homogenen basaltischen Magmas darstellen, erscheint selbst dann, wenn sich auf Grund zahlreicher Analysen ein Differentiationsdiagramm von den Basalten über die Andesite und Dazite bis zu den Rhyolithen konstruieren ließe, im Lichte der modernen Vorstellungen über den Zusammenhang von Magmatismus und Orogenese recht fragwürdig. Der größte Teil der von A. Gabriel gesammelten Ergußgesteinsproben entstammt der Aufbruchszone von Urmiah-Dukhtar (28), die den Innenrand der Iraniden vom Van- und Urmiahsee bis Britisch-Belutschistan begleitet. Die großen südpersischen Vulkane Sawaran, Bazman und Taftan liegen in dieser Zone. Im Sinne Stilles sehen wir hier ein großartiges Beispiel eines subsequenten Vulkanismus, wie wir ihn auf europäischem Boden in etwas bescheidenerem Umfang aus den Karpaten kennen. Eine Zuordnung der vulkanischen Erscheinungen zu bestimmten orogenetischen Phasen ist bei dem derzeitigen Stand unserer geologischen Kenntnisse dieser Gebiete freilich noch nicht möglich. Obwohl durch die Aufsammlungen Gabriels und Sven Hedins Ophiolithe (Gabbros und Serpentine, Dunite) von mehreren Stellen bekannt geworden sind, wissen wir nicht sicher, ob sie einem initialen Magmatismus angehören. Einige Granitproben, ferner der Granitkern des Jabel Bariz (13) mögen Zeugen eines sialischen Plutonismus sein. Der subsequente Vulkanismus mit seinen ungeheuren Massen an vulkanischem Material,

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

dessen Spuren uns in den postjurassischen Sedimenten und in der Beckenfüllung der Südlut entgegentreten, ist ein Hauptmerkmal der Geologie Südpersiens.

Die Produkte dieses subsequenten Vulkanismus sind lithogene Magmen der Alkalikalkreihe, entstanden durch Sialaufschmelzung an der Grenze der Faltungszonen und des mehr minder konsolidierten Hinterlandes von Zentraliran. Dieses verhielt sich keineswegs als starrer Block. Ein Übergreifen des Vulkanismus auf die mediane Masse ist daher nicht selten zu beobachten. Auch der erfahrene Petrologe und Vulkanologe F. v. Wolff hat sich den Theorien Stilles angeschlossen und die Andesite als Mischmagma aus Sial und Sima, etwa nach dem Schema 71 Vol.% Sial + 29 Vol.% Sima = 100 Vol.% Andesit, gedeutet (41).

Zusammenfassung.

Die Sande der Südlichen Lut (Becken von Shadadd) unterscheiden sich von den Sanden anderer Wüsten durch ihren Reichtum an vulkanischem Material. In der Schwermineralzusammensetzung der Feinsande äußert sich dies im Vorherrschen von monoklinem und rhombischem Pyroxen, basaltischer Hornblende (Oxyhornblende) und Titanomagnetit (mit Hitzemartit), in der leichten Fraktion durch den Reichtum an zonaren Plagioklasen mit Hochtemperaturoptik, Sanidin und Quarz mit Grundmasse- und Glaseinschlüssen. Der Abrollungsgrad der Sande entspricht der Klasse 4 nach Szadeczky-Kardoss.

Das Kalutsediment, welches sich am Aufbau der „Lutstädte" beteiligt, ist als schlecht sortierter sandiger Silt zu bezeichnen, der in Wasser abgelagert wurde. Ein gewisser Anteil an äolischem Material erscheint durch den hohen Abrollungsgrad der Feinsandfraktion wahrscheinlich. In der Tonfraktion konnte neben vorherrschendem Quarz und Glimmer Montmorillonit als einziges Tonmineral nachgewiesen werden. Das Sandmaterial stammt zum größten Teil aus den Bergen, welche das Becken von Shadadd im Osten und Süden begrenzen. Im Zusammenwirken von Wind und Wasser wurden die Lockerprodukte in diesem Becken abgelagert und unterliegen neuerdings einer Ausräumung durch bestimmte Windsysteme (34).

A. Gabriel sammelte außerdem entlang seines Reiseweges folgende Gesteinsproben: 2 Granite, 1 Gabbro, 3 Rhyolithe, 7 Dazite, 4 dazitoide Andesite (Dazite, bei denen der SiO_2-Überschuß nicht als Quarz auskristallisierte, sondern okkult im Gesteinsglase verblieb), 7 Andesite, 3 Basalte, 1 Uralitdiabas, 2 Porphyrite, 4 Sandsteine, 3 Kalke, 1 Serizitquarzit, 1 Chiastolithschiefer. Die Pro-

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

vinzen Hudyan, Bazman und das Bergland von Sarhadd sind hauptsächlich aus vulkanischen Gesteinen aufgebaut. Als markante Vulkanberge seien genannt: Bur Kuh (Rhyolith), Bazman (Dazit) und Kuh Garoh (Dazit). Ein größerer Granitkörper liegt im Gebiete von Darreh Kishkin. Die flyschartigen Sandsteine und die Kalke gehören wahrscheinlich in die Oberkreide oder in das Eozän, Formationen, die im südpersischen Raum große Verbreitung besitzen.

Die Vulkanite sind Ergußformen gabbrodioritischer, dioritischer, quarzdioritischer, granodioritischer und aplitgranitischer Magmen der Alkalikalreihe, die ihre Förderung einem subsequenten Vulkanismus an der Grenze der Iraniden und des Sialsockels von Zentraliran verdanken.

Zum Schlusse ist es mir ein besonderes Bedürfnis, meinen verehrten Herren Fachkollegen: Dr. P. Wieden, Dr. A. Preisinger, Dr. E. Schroll, cand.-phil. K. Brauner und Dr. W. Schors für ihre freundliche, uneigennützige Unterstützung herzlich zu danken. Besonderen Dank schulde ich Herrn Dr. Alfons Gabriel für die Überlassung der Gesteinsproben und dem Vorstand des Mineralogisch-petrographischen Institutes der Universität Wien, Hern Prof. Dr. H. Leitmeier, für die Erlaubnis, die Institutseinrichtungen benützen zu dürfen.

Literaturverzeichnis.

1. Baier E.: Lamellenbau und Entmischungsstruktur der Feldspate. Z. Krist. 73 (1930): 465.
2. Becke F.: Der Hypersthenandesit der Insel Alborán. T. M. 18 (1899): 525.
3. Bentor Y. K.: On the formation of cloudy zones in plagioclases. Schweiz. M. P. M. 31 (1951): 535.
4. Blaas J.: Petrographische Studien an den jüngeren Eruptivgesteinen Persiens. T. M. 3 (1881): 457.
5. Burri C. u. Niggli P.: Die jungen Eruptivgesteine des mediterranen Orogens II. Zürich 1949.
6. Christa E.: Kristallisationen in magmatischen Gesteinen Irans. T. M. 51 (1940): 172.
7. Clapp F. G.: Geology of Eastern Iran. Bull. Geol. Soc. Am. Vol. 51 (1940): 1.
8. Diehl E.: Beitrag zur Kenntnis der Erzfundstellen Irans. Schweiz. M. P. M. 24 (1944): 333.
9. Emmons R. C.: Selected Petrogenic Relationships of Plagioclase. Geol. Soc. Am. Mem. 52 (1953).
10. Frenzel G.: Erzmikroskopische Beobachtungen an natürlich erhitzten, insbesondere pseudobrookitführenden Vulkaniten. Heidelberger Beitr. 4 (1954): 343.
11. Gabriel A.: Aus den Einsamkeiten Irans. Stuttgart 1939.
12. Gabriel A.: Die Erforschung Persiens. Wien 1952.
13. Harrison J. V.: The Jaz Murian Depression, Persian Baluchistan. Geogr. J. 101 (1943): 206.

14. Hibsch J. E.: Kaukasische Quarzbasalte mit abweichend entwickelten Feldspaten und Augiten. T. M. 17 (1898): 285.
15. Homma F.: The Classification of the Zonal Structure of Plagioklase. Mem. Coll. of Science, Kyoto Imp. Univ. Series B, Vol. 11, Nr. 2, 135.
16. Köhler A. u. Raaz F.: Über eine neue Berechnung und graphische Darstellung von Gesteinsanalysen. N. Jb. Min. Mh. (1951): 247.
17. Kölbl L.: Über die Körnung des Lößes. Z. Min. (1934): 173.
18. Kuno H.: Petrology of Hakone Volcano and the Adjacent Areas, Japan. Bull. Geol. Soc. Am. Vol. 61 (1950): 957.
19. Lacroix A.: Montagne Pelée et ses éruptions, Paris 1904.
20. Larsen E. S. — Irving J. — Gonyer F. A. — Larsen E. S.: Petrologic Results of a Study of the Minerals from the Tertiary Volcanic Rocks of the San Juan Region, Colorado. Am. Min. Vol. 23 (1938): 227.
21. Ladame G.: Les réssources metallifères de l'Iran. Schweiz. Min. P. Mitt. 25 (1945): 165.
22. Lodotschnikow W. N.: Mikroskopische Beobachtungen an Feldspaten und die sich daraus für die Gesteine des Zaissanedistriktes ergebenden Folgerungen. Verh. russ. Min. Ges. 52 (1925): 61 (russ.).
23. Mügge O. u. Heide F.: Einfache Schiebungen am Anorthit. N. Jb. Min. B. B. 64 A (1931): 163.
24. Pettijohn F. J.: Sedimentary Rocks. New York 1949.
25. Quiring H.: Die Unterscheidung von Löß und Hochflutlehm. Z. f. prakt. Geol. 42 (1932): 145.
26. Ramdohr P.: Die Erzmineralien in gewöhnlichen magmatischen Gesteinen. Abh. Preuß. Ak. Wiss. Math.-nat. Kl. Jg. 1940, Nr. 2.
27. Schneiderhöhn P.: Untersuchungen zur Siebanalyse von Sanden und zur Darstellung ihrer Ergebnisse. N. Jb. Min. Abh. 85 (1953): 141.
28. Schroeder J. W.: Essai sur la structure de l'Iran. Eclog. Geol. Helv. Vol. 37 (1944): 37.
29. Sedlacek A. M.: Petrographische Beobachtungen an den von A. Gabriel gesammelten Gesteinen aus Persien. T. M. 51 (1940): 261.
30. Seemann F.: Die Gesteine des Erdschias Dagh. Annal. naturhist. Hofmus. Wien, 21 (1906): 158.
31. Skrine C. P.: The Highlands of Persian Baluchistan. Geogr. J. 78 (1931): 321.
32. Stahl A. F.: Zur Frage der Lößbildung. Z. d. geol. Ges. 74 (1923): 320.
33. Stille H.: Zur Frage der Herkunft der Magmen. Abh. Preuß. Ak. Wiss. Math.-nat. Kl. 1939, Nr. 19.
34. Stratil-Sauer G.: Die Sommerstürme Südost-Irans. Arch. Meteor. Geoph. u. Bioklim. Ser. B, Bd. IV (1952), H. 2.
35. Szadeczky-Kardoss E. V.: Die Bestimmung des Abrollungsgrades. Zb. Min. B. 1933, 389.
36. Tröger W. E.: Tabellen zur optischen Bestimmung der gesteinbildenden Mineralien, Stuttgart 1952.
37. Tröger W. E.: Spezielle Petrographie der Eruptivgesteine. Berlin 1935.
38. Vendl A.: Über die Pyroxenandesite des Cserhátgebirges (Ungarn). T. M. 42 (1932): 491.
39. Werveke L.: Eigentümliche Zwillingsbildung an Feldspat und Diallag. N. Jb. Min. 1883, II. 97.
40. White W. A.: The Mineralogy of Desert Sands. Am. J. Sc. Vol. 237 (1939): 742.
41. Wolff v. F.: Der Vulkanismus des Mittelmeerraumes. Hallische Monographien Nr. 8 (1949).